



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

**“MORFOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE SEMILLAS Y
PLÁNTULAS DEL BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO EN
HUEHUETLÁN EL GRANDE DE LA SIERRA DEL TENTZO,
PUEBLA, MÉXICO”**

Tesis para obtener el grado de
Maestra (o) en Ciencias Biológicas

Presenta:

GABRIELA GONZÁLEZ VELEZ

Directora:

DRA. AGUSTINA ROSA ANDRÉS HERNÁNDEZ

Codirectora:

DRA. SOMBRA PATRICIA RIVAS ARANCIBIA

Enero 2026





BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

H. Puebla de Z. a 10 de diciembre de 2025

Asunto: Voto Aprobatorio


Comité Académico del Posgrado
PRESENTE

Por medio de la presente se hace constar que se revisó y aprobó la tesis titulada:


**“MORFOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE SEMILLAS Y PLÁNTULAS DEL BOSQUE TROPICAL
CADUCIFOLIO EN HUEHUETLÁN EL GRANDE DE LA SIERRA DEL TENTZO PUEBLA, MÉXICO”**

Que presenta la estudiante **Gabriela González Velez** con número de matrícula **223470512**, aspirante al grado de **Maestra en Ciencias Biológicas**, de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: **“Sistemática”**, notificamos que la tesis reúne los requisitos y se aprueba para su réplica oral en el examen de grado.

Por lo tanto, emitimos los **VOTOS APROBATORIOS** como miembros del **Comité de Jurado de Examen de Grado** como a continuación se indica:

Tutor Interno: Dra. María Concepción López Téllez 

Tutor Externo: Dr. Jorge Alberto Gutiérrez Gallegos 

Revisor: Dra. Sara Lucía Camargo Ricalde 

Agradecemos de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.



CARTA DE NO PLAGIO

Heroica Puebla de Zaragoza, 07 de noviembre de 2025

A quien corresponda:

Por medio de la presente, yo, Gabriela González Velez, estudiante del programa de Maestría en Ciencias Biológicas en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con número de matrícula 223470512, declaro bajo protesta de decir verdad que el trabajo titulado:

“Morfología y diversidad de semillas y plántulas del bosque tropical caducifolio en Huehuetlán el Grande de la Sierra del Tentzo Puebla, México”

es de mi autoría original, y que en su elaboración no se ha incurrido en plagio total ni parcial de obras de otros autores, conforme a lo establecido en la normativa institucional y en la legislación vigente sobre derechos de autor.

Asimismo, certifico que todas las fuentes de información utilizadas han sido debidamente citadas y referenciadas, y que cualquier colaboración o apoyo recibido ha sido reconocido en la sección correspondiente del trabajo.

Estoy consciente de que, en caso de detectarse plagio o fraude académico en el contenido de mi tesis, la institución académica está facultada para invalidar mi trabajo y retirar cualquier grado o reconocimiento obtenido, además de aplicar las sanciones correspondientes.

Sin más por el momento, firmo la presente en cumplimiento de los requisitos establecidos por el Posgrado de la Facultad de Ciencias Biológicas para la presentación del trabajo de grado.
Atentamente,



Gabriela González Velez
Firma

Matrícula: 223470512

Programa: Maestría en Ciencias Biológicas

Institución: Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Correo electrónico: gab.174gov62@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

Se expresa un agradecimiento especial a la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo brindado a través de la beca No. 1319172, la cual hizo posible la realización del presente proyecto. De igual forma, se agradece profundamente a los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán el Grande, perteneciente al municipio de Huehuetlán El Grande por su disposición y por permitir el desarrollo de este trabajo en su territorio. Al Laboratorio de Biología Vegetal de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), por proporcionar el espacio y las condiciones necesarias no solo para llevar a cabo esta investigación, sino también por contribuir significativamente a mi formación académica y personal.

A la Dra. Agustina Rosa Andrés Hernández por aceptarme, por guiarme en la elaboración de este proyecto, observaciones que lograron enriquecerlo, por su apoyo incondicional.

A la Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia por los comentarios y apoyo en la elaboración de los análisis, así como la disponibilidad de su tiempo.

A la Dra. María Concepción López Téllez por las observaciones y comentarios para la elaboración de este escrito.

Al Dr. Jorge Alberto Gutiérrez Gallegos por sus observaciones y sugerencias a este manuscrito.

A la Dra. Sara Lucia Camargo Ricalde por aceptar ser mi revisora, por sus observaciones y comentarios, así como su disponibilidad de tiempo.

A los doctores Agustín Maceda y Jesús Alejandro Ruiz por sus observaciones y recomendaciones, por su apoyo incondicional y su tiempo.

A mis compañeros Biol. Claudia Saharai Vázquez y Ing. José Andrés Cruz por su apoyo en las salidas de campo, por su compañía y amistad.

DEDICATORIA

A mi esposo Oswaldo Coatl por ser mi compañero por creer en mi y nunca dejarme rendirme, por tu apoyo y amor incondicional, por ser un excelente esposo y padre, te amo.

A mi hija Sofia Antara por ser tan maravillosa y amorosa, te amo infinitamente, espero que te sientas orgullosa de tu mamá, así como yo lo estoy de ti, eres lo mejor en mi vida.

A mis papás por confiar y creer en mí, por siempre apoyarme cuando mas lo he necesitado, por cuidar de Sofí cuando mas he estado ocupada, gracias por su amor.

Contenido	
Resumen	1
I. Introducción	2
II. Antecedentes	3
II. Diversidad florística	3
II. Diversidad de semillas y plántulas	5
II. Morfología de plántulas	6
II. Diversidad en banco de semillas y vegetación.....	12
II. Diversidad banco semillas por temporada (lluvias y secas).....	14
III. Justificación.....	15
IV. Pregunta de investigación.....	15
V. Hipótesis	15
VI. Predicciones	16
VII. Objetivo general.....	16
VIII. Objetivos particulares.....	16
IX. Método.....	16
IX. Área de estudio.....	16
IX. Zona de muestreo.....	18
IX. Recolecta vegetal y de plántulas	19
X. Recolecta del banco de semillas	20
IX. Recolecta, secado y montaje de plántulas.....	20
IX. Técnica emergente de plántulas (germinación)	20
IX. Prueba de viabilidad	21
IX. Determinación taxonomica de semillas y plántulas	21
IX. Clave taxonómica	21
X. Análisis estadístico e índices	22
X. Índice de simpson.....	22
X. Índice de jaccard.....	22
XI. Resultados	23
IX. Composición de la flora	23
XI. Semillas: Temporada de lluvias.....	26
A) Banco de semillas	26
B) Planta madre.....	27
XI. Semillas presentes en temporada de secas	30
A) Banco de semillas.....	30

B) Planta madre.....	30
XI. Viabilidad de semillas temporada de lluvias y secas	34
XI. Índices de diversidad de simpson para el banco de semillas	34
XI. Índice de jaccard de semillas de la planta madre	35
XI. Morfología de plántulas obtenidas del banco de semillas y planta madre	36
XI. Plántulas recolectadas.....	48
XI. Índice de jaccard de plántulas	72
XI. Comparaciones temporales del banco de semillas vs plántulas.....	72
XI. Clave taxonómica	73
XII. Discusión	75
XII. Composición de la flora	75
XII. Composición y diversidad del banco de semillas (lluvias y secas)	75
XII. Morfología de plántulas	78
XII. Relación entre banco de semillas y plántulas	82
XIII. Conclusión	84
XIV. Bibliografía.....	84
XV. Anexos.....	103

Resumen

El bosque tropical caducifolio (BTC) es uno de los ecosistemas mejor representados para México, albergando una gran diversidad vegetal. En Puebla, ocupa más del 30% de la superficie, contando con una riqueza florística alta; en la sierra del Tentzo este ecosistema tiene una extensión de 20.73%. Sin embargo, es uno de los ecosistemas que se encuentra amenazado debido al cambio del uso de suelo para el desarrollo de diversas actividades antrópicas. Estudios de manejo, sucesión y dinámica de la vegetación, se ven restringidas por las pocas herramientas para la identificación taxonómica de las semillas y de las plántulas; ya que no existen colecciones de referencia en los herbarios. Los estudios de semillas se restringen a especies de importancia alimentaria. Es por eso que se hace necesaria la implementación del reconocimiento de la diversidad descriptiva de semillas y plántulas. En el presente trabajo, se analizó la diversidad y morfología de semillas y plántulas en dos temporadas (lluvias y secas) del BTC de los Bienes Comunes, de Santo Domingo Huehuetlán, en la Sierra del Tentzo, del estado de Puebla. Para ello, se reconocieron tres sitios de trabajo, conformado por tres, dos y cuatro transectos de 20 m, respectivamente. En cada uno se recolectaron ejemplares vegetales, muestras de suelo y plántulas; además, se determinaron los ejemplares colectados, se calcularon índices de diversidad Simpson y Jaccard, se compararon los datos mediante la prueba Mann Whitney y ANOSIM para determinar las diferencias. Los resultados mostraron que no existió diferencias significativas para el banco de semillas entre la temporada de lluvias y secas, lo cual puede atribuirse a que solo se realizó un muestreo anual. Por el contrario, la diversidad de plántulas fue mayor durante la temporada de lluvias; mientras que en la temporada seca no se logró registrar la presencia de éstas. Con respecto a las plántulas, se identificaron 21 especies cuyas características morfológicas, particularmente las asociadas a las protófilas, el tipo de germinación, la posición y función de los cotiledones, permitieron la identificación taxonómica, confirmando así la hipótesis de que estos caracteres permiten determinar la especie. Los tipos funcionales predominantes fueron fanerocotilar epigeo con cotiledones foliáceos (53%), fanerocotilar epigeo

con cotiledones de reserva (38%) y criptocotilar epigeo con cotiledones de reserva (9%), con una predominancia de la germinación fanerocotilar epigea, lo que podría relacionarse con una mayor eficiencia fotosintética en ambientes con alta disponibilidad de luz. La diversidad de plántulas fue mayor en la temporada de lluvias, ya que cumple con los requerimientos, principalmente, sobre la disponibilidad de agua. Los resultados obtenidos permiten facilitar estudios de manejo y restauración ecológica, contribuyendo al conocimiento de la dinámica de regeneración de este ecosistema.

Palabras clave: Banco de semillas, cotiledones, criptocotilar, fanerocotilar, tipos funcionales.

I. Introducción

La diversidad vegetal que México posee es excepcional. Se estima que en el territorio mexicano están representados 75 órdenes, 248 familias, 2,657 géneros y 22,351 especies vasculares, datos que reflejan la diversidad de especies en sus distintas formas y niveles taxonómicos (Rzedowski, 1991; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1993; Villaseñor, 2004; Villaseñor, 2016). Además, se estima que la riqueza florística, en el nivel genérico, representa hasta un 75.5% de la flora total (Villaseñor, 2004). El estado de Puebla carece de un inventario florístico completo, pero se considera que ocupa el séptimo lugar en diversidad de plantas vasculares en México con una riqueza florística de 5,415 especies, clasificadas en 248 familias y un endemismo en el nivel específico de solo 1.36% (Rodríguez- Acosta et al., 2014).

Respecto a los diferentes tipos de vegetación que alberga México, se encuentra el bosque tropical caducifolio (BTC) (Rzedowski, 1978; Pennington y Sarukhán, 2005), con una superficie del 3.38% (6.64 Mha) (Challenger y Soberon, 2008). Este ecosistema se presenta en 19 estados, dentro de los cuales se encuentra Puebla, donde cubre más del 30% de la superficie y una alta riqueza florística (Boyas-Delgado, 1994). El componente florístico endémico de este ecosistema, se estima en 25% en el nivel de género y 40% en nivel de especie. Sin embargo, a pesar de

su diversidad y representatividad, es uno de los ecosistemas más amenazado (Khurana y Singh, 2000), principalmente, por la deforestación y ampliación de la agricultura y ganadería. Actividades que han provocado la pérdida acelerada de la biodiversidad (Sánchez y Rebollar, 1999; Trejo y Dirzo, 2000).

Un componente relevante en todo ecosistema y en el BTC sin ser la excepción, es el banco de semillas, que en una comunidad vegetal, también, se entiende como la reserva de semillas maduras viables y que se encuentran en el suelo (Roberts, 1981). Por otro lado, la diversidad y la morfología de las plántulas es poco conocida, en buena medida, debido a que las plántulas de las especies que conforman al BTC son efímeras, una vez que estas especies tienen como factor limitante la humedad y las altas temperaturas, siendo una etapa crítica que depende de factores genéticos y ambientales (De Vogel, 1980); además del dimorfismo foliar en etapas juveniles contra etapas adultas. Estas condiciones y características hacen una tarea complicada el correlacionar estados maduros con aquellos estados iniciales sin una descripción morfológica previa (Sánchez-Sánchez y Hernández-Zepeda 2004; Leck et al., 2008). Desde el punto de vista taxonómico, el estudio de la morfología de plántulas, también, proporciona información valiosa para la exploración y reconocimiento de caracteres, análisis filogenéticos y evolutivos (Andrés-Hernández y Espinosa- Organista, 2002; Gurgel et al., 2012). Por lo que se hace necesario el reconocimiento de la morfología en las etapas iniciales del crecimiento de las plantas, así como el estudio del banco de semillas, ya que en los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetán el Grande en el estado de Puebla no se han reportado.

II. Antecedentes

II. Diversidad florística

Pocos trabajos abordan la diversidad florística y su estimación a nivel nacional, entre estos destacan los de Villaseñor (2003, 2016). Con base en sus datos, las Magnoliophyta se representan por 73 órdenes, 297 familias, 2,854 géneros y 23,314 especies. Esta diversidad constituye alrededor del 87% de los órdenes, 58.5% de

las familias, 22% de géneros y el 10% de las especies a nivel mundial. Dentro de las familias más importantes por su riqueza se encuentra Asteraceae con 361 géneros y 3,021 especies, Fabaceae, 93 géneros y 1,274 especies, y Poaceae ,168 géneros y 1,187 especies. En este sentido y con base en el número de especies, México representa el cuarto lugar, a nivel mundial, y el segundo en especies endémicas, con aproximadamente el 50% (Ulloa et al., 2017).

Pocos esfuerzos se han efectuado a nivel nacional para conocer la riqueza florística del BTC. Entre algunos de estos destaca el de Arias et al. (2002), quienes trabajaron en la cuenca del río Balsas, donde documentaron 967 especies de plantas vasculares, incluidas en 469 géneros y 130 familias; las mejor representadas en el número de especies fueron Fabaceae, Poaceae y Asteraceae. Méndez-Larios et al. (2004) proporcionaron un catálogo actualizado de especies endémicas de la provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. La lista de especies fue generada consultando diversas fuentes bibliográficas, así como bases de datos computarizadas. Sus resultados arrojaron un total de 207 especies, de las cuales, el 10.8% se determinaron como endémicas para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, 118 géneros y 51 familias, donde las familias con mayor número de especies endémicas son Asteraceae (35), Cactaceae (21), Lamiaceae (16), Crassulaceae (14), Fabaceae (14) y Euphorbiaceae (14). Gallardo-Cruz et al. (2005) describieron la composición florística del Cerro Verde, en Nizanda, Oaxaca, México; registraron 194 especies, incluidas en 52 familias. Fabaceae fue la familia con mayor riqueza al registrar 27 especies, seguida de Asteraceae con 20 especies, Euphorbiaceae con 18 especies y Apocynaceae, Malpighiaceae y Rubiaceae con siete especies, cada una.

En el caso particular de la Sierra del Tentzo, Puebla, los estudios en plantas se han enfocado en su diversidad y uso. Sobre diversidad florística, existen los estudios de Martínez (1998), quien exploró la zona de los Altos del río Atoyac y reportó 326 especies, agrupadas en 69 familias y 215 géneros. Por otro lado, Hernández (2002) lo efectuó en Huehuetlán El Grande y reportó 300 especies, clasificadas en 78 familias y 244 géneros; las familias con mayor riqueza fueron Fabaceae (41

especies) y Asteraceae (38); mientras que los géneros mejor representados fueron *Euphorbia* L., *Bursera* Jacq. ex L. e *Ipomoea* L. Por otro lado, Sánchez (2008) evaluó la composición florística asociada a los huertos en Huehuetlán El Grande, Puebla, reportando 199 especies útiles en los huertos familiares, las especies registradas se clasificaron en 160 géneros y 69 familias. Las familias con mayor riqueza fueron Crassulaceae con 11 especies, seguidas de Asteraceae y Fabaceae con diez especies, cada una. Pérez-Pérez et al. (2018) evaluaron la diversidad y usos tradicionales en las localidades de San Nicolás Huajuapán y Santa Martha Yancuitlalpan, donde reportaron 62 familias, 141 géneros y 173 especies. Los estudios ecológicos que abordan la diversidad de árboles y arbustos son escasos. García-Fragoso et al. (2021) catalogaron las especies arbóreas y arbustivas en las zonas con pastoreo y sin pastoreo, en dos municipios como son Huehuetlán El Grande y Huaquechula, Puebla, con la finalidad de estimar la diversidad alfa entre zonas de bajo y nulo pastoreo. Reconocieron 36 familias, 93 géneros y 131 especies, donde ambas zonas compartieron 102 especies; la familia Fabaceae fue la mejor representada con 31 especies (23.48%), seguida de Cactaceae y Anacardiaceae.

II. Diversidad de semillas y plántulas

Con base en la revisión de literatura, hasta el momento, no hay registro de estudios sobre banco de semillas y diversidad de plántulas en la Sierra del Tentzo. En el estado de Puebla, se registran solo dos estudios que abordan la morfología y desarrollo de plántulas. Andrés-Hernández y Espinosa-Organista (2002) estudiaron diez especies de *Bursera*, sus resultados revelan que las especies evaluadas desarrollan germinación de tipo faneroepigea, las plántulas de la sección *Bursera* presentaron radícula axonomorfa, formada por tubérculos o engrosamientos. En cambio, los representantes de la sección *Bullockia*, de manera similar, presentaron una radícula axonomorfa, pero carecen de tubérculo o engrosamiento; las hojas cotiledonares resultaron ser subsésiles y presentaron margen entero en todas las especies estudiadas. Un estudio similar fue efectuado por Álvarez-Quiroz (2019), quien describió la morfología de cinco especies arbóreas del BTC en Huehuetlán El

Chico. Esas mismas especies se analizaron, describieron y evaluaron la germinación de semillas por González-Vélez et al. (2020). Sus resultados revelaron que las semillas analizadas presentaron un bajo contenido de humedad y un porcentaje superior al 70% de germinación para las especies de *Ceiba aesculifolia* Kunth Britten & Baker f., *Dalbergia congestiflora* Pittier., *Pithecellobium acatlense* Benth., *Swietenia humilis* Zucc. y *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl., con excepción de *Mimosa bentharii* J.F. Macbr, las cuales requirieron de escarificación.

II. Morfología de plántulas

A nivel mundial, el estudio de la morfología de plántulas son frecuentes en Fabaceae, Cactaceae, Euphorbiaceae, Rosaceae, Rubiaceae y Polygonaceae, donde se han identificado caracteres útiles para la determinación a nivel de especie, así como el reconocimiento de su morfología en función de los diferentes tipos de vegetación (Duke 1965; Mangaly et al., 1979; Flores et al., 1986; Flores y Benavides 1990; Essig 1991; Nemotol y Ohashi 1993; Saubhik y Kumar Mukherjee 1997; López et al., 1998; Burghardt et al., 2000; Oliveira 2001; Zevallos-Pollito y Flores Bendezú 2003; Zanne et al., 2005; Dantas et al., 2007; Schütz y Goulart 2008; Lovey et al., 2010; Sousa 2011, Almeida et al., 2013; Soledad Ojeda et al., 2013; Vieira Feitoza et al., 2014; Schütz Rodrigues et al., 2014; Souza et al., 2014; Lizarraga et al., 2016; Zapater et al., 2016; Espanhol Müller et al., 2017; Seisdedos y Planchuelo 2018; Gogosz y Torres 2019; Neto Soares et al., 2019; Sánchez 2020; Couto et al., 2021; Rocha Dantas et al., 2021; Wilder 2022; López et al., 2023). Donde Fabaceae sobresale por el número de estudios. López et al. (1998) determinaron las características morfológicas en plántulas de 30 especies pertenecientes a la tribu Genisteeae de la Península Ibérica; éstas presentaron germinación de tipo epigea. Los cotiledones se describieron como foliáceos o carnosos, con forma variable entre reniforme, oval, oval-oblonga u oblanceolada. Mientras que las protófilas aparecieron de manera alterna u opuestas, y el número varió de 1 a 8. Posteriormente, Oliveira (2001) estudió las tribus Phaseoleae, Sophoreae, Swartzieae y Tephrosieae en San Pablo, Brasil. Sus resultados revelan que las

especies estudiadas presentaron germinación de tipo hipogea. Phaseoleae mostró plántulas de tipo epigeo-carnosa y con cinco-diez eófilos. Por otro lado, Marino et al. (2008) estudiaron 19 especies, las cuales presentaron una emergencia radical recta, donde 15 especies desarrollaron cotiledones de reserva y dos especies foliáceos. Además, presentaron estípulas, hojas simples en los primeros estadios y hojas compuestas en los estadios más avanzados.

A nivel de género varios autores han descrito siete: *Acosmium* Schott, *Leptolobium* Vogel, *Lonchocarpus* Kunth, *Vigna* Savi, *Macrolobium* Schreb., *Neltuma* Raf., *Entada* Adans., *Lespedeza* Michx. y *Lupinus* L., los cuales se han descrito con plántulas de tipo fanero-epigeas, cripto-hipogea con cotiledones de reserva y foliáceos.

En *Neltuma* y *Entada*, las protófilas pueden ser pinnadas o bipinnadas. Mientras que en *Vigna*, las protófilas pueden ser ovadas o triangulares y en *Macrolobium* las protófilas son alternas bifoliadas. En contraste, *Lonchocarpus* desarrolla protófilas opuestas y *Lespedeza* presentó dos tipos de protófilas; ambas de filotaxia alterna, donde la primera hoja es casi siempre unifoliolada, y la segunda trifoliolada (Nemoto y Ohashi 1993, Burghardt et al., 2000; Schütz y Goulart 2008; Sousa 2011; Soledad Ojeda et al., 2013; Vieira Feitoza et al., 2014; Schütz Rodrigues et al., 2014; Seisdedos y Planchuelo 2018).

En cuanto a descripciones por especie, *Cassia grandis* L.f., *Hymenaea courbaril* L., *Cologania broussonetii* (Balb.) DC., *Chloroleucon chacoense* (Burkart) Barneby & J.W.Grimes, *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze, *Dioclea guianensis* Benth. y *Pentaclethra macroloba* (Willd.) Kuntze, se observó germinación de tipo fanero-epigea, a excepción de *P. macroloba* que presentó una germinación de tipo fanero-hipogea; mientras que para *C. chacoense* fue de tipo cripto-epigea, con cotiledones de reserva. Las protófilas para *C. grandis* fueron compuestas, estipuladas con folíolos opuestos, en *H. courbaril* fueron opuestas con nomófilos alternos bifoliados. Para *C. broussonetii*, fue simple, opuesta, peciolada y los nomófilos pinnados con folíolos elípticos. En *C. chacoense* y *P. Macroloba*, fueron compuestas y bipinnadas; en esta última, las protófilas pueden ser opuestas, sub opuestas o alternas. *D.*

guianensis presentó cotiledones carnosos, opuestos, las protófilas fueron opuestas, reniformes y nomófilos alternos, trifoliados. En *P. macroloba* las protófilas fueron compuestas, bipinnadas con peciolo largo, pulvínulos engrosados y con un raquis cilíndrico, liso, glabro y de color verde a verde oscuro, los folíolos fueron opuestos, elípticos y con tricomas (Flores et al., 1986; Flores y Benavides 1990; Lovey et al., 2010; Zapater et al., 2016; Neto Soares et al., 2019; Rocha Dantas et al., 2021; López et al., 2023).

Existen otras familias como Euphorbiaceae, donde Mangaly et al. (1979) describieron la morfología de semillas y plántulas de dos especies de *Euphorbia*: *E. hirta* Linn y *E. thymifolia* Linn que se distribuyen en la India; estas especies presentaron cotiledones opuestos, peciolados, con la lámina subcircular entera y de aproximadamente 1.5 mm de diámetro, hipocótilo conspicuo y un sistema de raíz pivotante. Así mismo, Souza et al. (2014) reconocieron en *Euphorbia* L. una germinación fenerocotilar epigea, presentaron radícula axial, el hipocótilo fue cilíndrico de color verde, los cotiledones fueron delgados y verdes, con excepción de *E. prostata* que fueron de color púrpura y las protófilas fueron pecioladas. Para *E. heterophylla*, la forma de la hoja fue lanceolada con ápice agudo y margen entero. Para otras familias como Ranunculaceae, Essig (1991) examinó la morfología de plántulas de 58 especies de *Clematis* L., reconoció dos tipos de plántulas, el tipo I presentó eófilos alternos y dentados, hipocótilo alargado y faneroepigea, y el tipo II que se caracterizó por tener hojas opuestas, enteras, frecuentemente lobadas e hipocótilos cortos.

Para Convolvulaceae, Saubhik y Kumar Mukherjee (1997) describieron la morfología de las hojas cotiledonares de 12 especies de plántulas del género *Ipomoea* (*I. pes-tigridis*, *I. hispida*, *I. hederifolia*, *I. nil*, *I. chryseides*, *I. sepiaria*, *I. pes-caprae*, *I. fistulosa*, *I. triloba*, *I. aquatica*, *I. obscura* e *I. quamoclit*); en este estudio, la inserción y ángulo de las hojas cotiledonares fue usado para resolver problemas filogenéticos. Por otro lado, la familia Rubiaceae ha sido estudiada por Zevallos-Pollito y Flores Bendezú (2003), quienes describieron *Uncaria tomentosa* (Willd. ex Schult.) DC. y *U. guianensis* (Aubl.) J.F.Gmel.; estas especies tuvieron una germinación de tipo epigea y disposición radicular axonomorfa.

Almeida et al. (2013) describieron la morfología y desarrollo de plántulas de *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw. (Cactaceae) que presentó plántulas fanerocotilares, con cotiledones pequeños, verdes, sésiles y asimétricos, de forma oblonga-ovoide, y margen entero y liso, ápice obtuso, el hipocótilo es blanco para, posteriormente, volverse verde y glabro. Lizarraga et al. (2016) caracterizaron a *Fragaria ananassa* (Rosaceae) que mostró una germinación epigea, con cotiledones fotosintéticos de forma elíptica con margen entero, las protófilas tienen un contorno parabólico con margen serrado y la radícula principal es axonomorfa.

Por otro lado, Espanhol et al. (2017) describieron la germinación y la estructura de las plántulas de *Ruprechtia laxiflora* Meissn. (Polygonaceae). Las plántulas fueron fanerocotilares y epigeas, con radícula axial, hipocótilo largo, cilíndrico y verde, el epicótilo es relativamente corto, cilíndrico piloso con hojas en forma de escamas, los cotiledones son delgados, verdes, peciolados en forma de hoja, la protófila es de forma romboide a obovado, con ápice agudo, y base obtusa y margen entero.

Couto et al. (2021) detallaron las características morfoanatómicas de semillas y plántulas de *Combretum lanceolatum* Pohl ex Eichler (Combretaceae) en Brasil, que presentó una germinación criptocotilar, hipogea, donde los cotiledones permanecen bajo tierra, epicótilo en forma de gancho de color verde que, posteriormente, se vuelve erecto, cilíndrico, con colores que van del verde al rojo. Las protófilas son dos hojas opuestas que cambian de color de rojo a verde-amarillo y tienen una forma elíptica, margen entero, ápice agudo, base cuneada y consistencia membranosa.

Por su parte, Wilder (2022) describió la morfología de plántulas de 22 especies de árboles, arbustos y enredaderas leñosas en el sur de Florida, EEUU, los cuales pertenecen a 11 familias, Fabaceae presentó cinco especies y Myrtaceae cuatro. Presentaron una germinación de tipo hipogea y reconocieron tres grupos con base en cuanto a la morfología de los cotiledones: 1. Lámina connada con peciolo distintos, 2. Láminas y peciolo connados y 3. Láminas y peciolo pareados completamente connados.

De los pocos trabajos donde se elaboran claves, se encuentra el de Duke (1965), quien trabajó con 30 especies leñosas en Puerto Rico; además, caracterizó a las

plántulas como criptocotilares una vez que los cotiledones se mantienen al interior de la testa, y fanerocotilar cuando los cotiledones salen de la testa; además, tomó en cuenta estructuras como catáfilos (hojas en forma de escamas que suceden a los cotiledones en muchas especies criptocotilares), eófilas (primeras hojas con láminas expandidas) y nomófilas (hojas maduras). Lo anterior, le permitió utilizar 193 especies, en una clave taxonómica de ocho tipos de bosques.

Por otro lado, Zanne et al. (2005) trabajaron con 70 especies de árboles y arbustos en el Parque Nacional Kibale, Uganda, África; el cotiledón se clasificó y se describió mediante el código de tres letras, las especies con cotiledones fotosintéticos (PEF) fueron las más frecuentes; mientras que los cotiledones de almacenamiento subterráneo estuvieron mejor representados en árboles que en arbustos.

Así también, en Colombia, Sánchez (2020) examinó las características morfológicas de 54 especies de plántulas en dos sitios: bosques naturales fragmentados y bosques naturales densos; las especies forman parte de 28 familias, de las cuales Rubiaceae y Fabaceae se encuentran representadas por cinco especies para cada una, seguida de Ericaceae (cuatro especies) y Asteraceae (tres especies), de las cuales 32 especies (61.5%) se encuentran en bosques naturales fragmentados y 20 especies (35.5%) en bosques naturales densos. El 85.2% (47 especies) presentó germinación epigea y el 14.7% (siete especies) presentó germinación hipogea. Para la germinación del tipo epigea, los cotiledones fueron fanerocotilares y de dos tipos: foliáceos (82.6%) y de reserva (17.4%). En la germinación de tipo hipogea, los cotiledones fueron criptocotilares (83.3%) y fanerocotilares (16.7%). Las especies se agruparon en cinco tipos morfológicos de plántulas, basándose en posición, exposición y función de los cotiledones, el 70.4% fueron del tipo fanerocotilar epigeo cotiledones foliáceos (PEF), mientras que fanerocotilar epigeo cotiledones de reserva (PER con 14.8%), criptocotilar hipogeo cotiledones de reserva (CHR con 12.9%) y fanerocotilar hipogeo cotiledones de reserva (PHR con 1.8%).

En México, existen cinco estudios que abordan la germinación para la descripción morfológica de plántulas en especies de 14 familias: Annonaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Cactaceae, Capparaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae,

Malvaceae, Meliaceae, Moraceae, Myrtaceae, Polygonaceae y Rubiaceae (Ibarra-Manríquez et al., 2001; Zamora Cornelio et al., 2010; Loza-Cornejo y Terrazas 2011; Custodio-Rodríguez et al., 2022). Entre estos destaca el de Ibarra-Manríquez et al. (2001), quienes realizaron un estudio comparativo de los tipos de plántulas de especies de plantas leñosas del bosque húmedo de los Tuxtlas, Veracruz, México, en el cual 210 especies analizadas revelaron que 173 especies fueron árboles y 37 especies lianas; las plántulas se clasificaron según su posición, exposición y función de los cotiledones, por lo que reconocieron tipos de plántulas fanerocotilar, epigeo fotosintética (PEF), fanerocotilar, epigeo reserva (PER), fanerocotilar, hipogeo reserva (PHR), criptocotilar, hipogeo de reserva (CHR) y criptocolinar, epigeo de reserva (CER). El tipo de plántula más común fue PEF, seguido de CHR y CER, la masa de las semillas varió, significativamente, entre los tipos de plántulas; las plántulas de tipo PEF tenían semillas más ligeras; mientras que las plántulas de CHR tenían semillas más pesadas. Las 210 especies pertenecieron a 65 familias, las más comunes fueron Bignoniaceae (16 especies), Fabaceae (13 especies) y Rubiaceae (13 especies). El tipo de plántulas CHR estuvo relacionado con plantas adaptadas con luz limitada; además, reportaron que la supervivencia de las plántulas de sombra, aumenta con un mayor tamaño de semilla.

Con respecto a las semillas de una selva baja subperennifolia, Zamora-Cornelio et al. (2010), estudiaron seis especies arbóreas en el estado de Tabasco, *Annona glabra* L., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Pachira aquatica* Aubl., *Crateva tapia* L., *Haematoxylum campechianum* L. y *Coccoloba barbadensis* Willd; las especies presentaron germinación fanerocotilar epigea con emergencia del hipocótilo curvada; mientras que en *P. aquatica* fue criptocotilar hipogea con emergencia recta; los cotiledones de *C. tapia* y *P. aquatica* fueron carnosos y en el resto fueron foliáceos; con base en las características morfológicas generaron una clave dicotómica para identificar a las seis especies de plántulas. Por otro lado, Loza-Cornejo y Terrazas (2011) describieron y compararon caracteres morfo-anatómicos de plántulas de seis especies de Pachycereae (Cactaceae), con el fin de establecer las diferencias entre las fases de crecimiento inicial y establecimiento; observaron

una reducción de cotiledones que se ensancharon y fusionaron gradualmente con el tallo, por lo que podría ser uno de los marcadores morfológicos para establecer cuándo finaliza el estadio de plántula; el cambio del hipocótilo globoso a cilíndrico en las especies de Pachycereae, no solo se evidenció por la proporción alto vs diámetro, sino también por la presencia de tubérculos y costillas, lo cual ayudó a reconocer la fase juvenil de las especies. Por otro lado, Custodio-Rodríguez et al. (2022) evaluaron la germinación y morfología de *Castilla elastica* Cerv. (Moraceae), en Tabasco, la germinación fue de tipo fanerocotilar, hipogea, con cotiledones de reserva. Las protófilas fueron opuestas, de forma ovada, ápice acuminado, la base ligeramente cordada, margen aserrado y pubescentes, las eófilas se caracterizaron por ser simples, base cordada y ápice acuminado.

II. Diversidad en banco de semillas y vegetación

Diversos estudios han evaluado la composición del banco de semillas en distintos tipos de vegetación húmeda tanto de montaña y como de humedales, mostrando patrones comunes caracterizados por una baja similitud con la vegetación establecida. Ortiz- Arrona (1992), en un bosque mesófilo de montaña, en Jalisco, México, encontró que el banco de semillas estaba compuesto, mayormente, por especies herbáceas anuales y perennes, típicas de vegetación secundaria. La familia Solanaceae fue la mejor representada, y se observó una escasa coincidencia con los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. De manera similar, Velosa-Caicedo et al. (2018), en un bosque húmedo subandino en Colombia, registraron 34 especies, el 61.7% de ellas herbáceas, y, también, reportaron una baja similitud florística con la vegetación establecida. En conjunto, estos estudios indican que los bancos de semillas en estos ecosistemas están dominados por especies herbáceas, que, aunque representan un importante reservorio de diversidad, difieren de la vegetación adulta.

En humedales, Gordon (2000) identificó 76 especies, pero solo el 43% fue compartido entre el banco de semillas y la vegetación establecida. De igual forma, Zepeda-Gómez et al. (2015) reportaron 12,575 semillas correspondientes a 52

especies, en Chignahuapan, Puebla, representadas en 14 familias, lo cual, también, evidenció una baja correspondencia con la vegetación presente.

En pastizales, matorrales costeros y bosques templados, se ha documentado una escasa similitud florística entre el banco de semillas y la vegetación adulta. Márquez et al. (2002), en pastizales naturales de Argentina, registraron 97 especies en la vegetación establecida y 58 en el banco de semillas, con solo 26 especies compartidas. Etchepare y Boccanell (2007), también en llanuras, identificaron 12 especies en el banco, dominadas por anuales, lo cual es característico de ambientes sujetos a perturbaciones.

En un matorral costero del sureste de Brasil, Campanhã-Bechara et al. (2020) encontraron 1,098 individuos pertenecientes a 54 especies en la vegetación establecida; mientras que en el banco de semillas germinaron 1,839 plántulas de 32 especies, con solo cinco especies en común, lo que refuerza la baja similitud. De igual manera, Moscoso Marín y Diez Gómez (2005), en un bosque de *Quercus humboldtii* Bonpl., en Colombia, reportaron 204 individuos del banco de semillas distribuidos en 25 familias, siendo Lauraceae, Myrtaceae y Melastomataceae las más representadas. Sin embargo, también hallaron una escasa coincidencia entre las especies presentes en el banco y en la vegetación adulta.

En ecosistemas de bosque tropical seco y caducifolio, numerosos estudios han documentado una baja similitud entre la composición del banco de semillas y la vegetación establecida. Rico-Gray y García-Franco (1992), en BTC secundarios, en Yucatán, reportaron una amplia variación en la riqueza del banco de semillas (8 a 67 especies), dominado principalmente por hierbas, en marcado contraste con la vegetación adulta. Los autores atribuyen esta diferencia a la influencia de actividades humanas sobre la sucesión ecológica. De forma semejante, Ponce Valladares y Montalván Mena (2005), en un bosque seco secundario, en Nicaragua, también reportaron baja similitud florística entre el banco y la vegetación establecida. Identificaron 44 especies agrupadas en 26 familias, con Poaceae y Fabaceae como las familias mejor representadas. Álvarez-Aquino et al. (2014), en un bosque tropical seco de Veracruz, registraron 3,946 plántulas correspondientes

a 83 especies y 25 familias. El banco estuvo dominado por pastos y hierbas, con escasa representación de especies forestales, en contraste con la vegetación adulta. En conjunto, estos estudios destacan que los bancos de semillas en bosques secos están conformados, principalmente, por especies herbáceas, con una limitada coincidencia florística respecto a la vegetación adulta, lo cual refleja procesos de sucesión interrumpida o modificada.

II. Diversidad banco semillas por temporada (lluvias y secas)

La estacionalidad influye significativamente en el banco de semillas, principalmente, a través de la variación en la disponibilidad de agua y otras condiciones ambientales que afectan los procesos de germinación. Durante la estación seca, muchas semillas permanecen en estado de latencia para evitar una germinación prematura que podría exponerlas a condiciones adversas, como la escasez de agua o la depredación. En contraste, en la temporada de lluvias, algunas especies dispersan sus semillas y germinan rápidamente, evitando así el estado de latencia. Por ello, la estacionalidad desempeña un papel clave en determinar el momento de la germinación y la dinámica del banco de semillas en bosques tropicales (Foster, 1986; Garwood, 1983).

Los bancos de semillas han sido objeto de estudio por diversos autores (e.g. Garwood, 1983; Dalling et al., 1998; Pérez y Santiago, 2001). En México, los trabajos se han concentrado, principalmente, en el BTC, con investigaciones en regiones como Zapotitlán (Puebla), Nizanda (Oaxaca) y la Cuenca del río Magdalena (Ciudad de México), entre otras (Cano-Salgado et al., 2012; Meave et al., 2012; Martínez Orea et al., 2013). En estas zonas, se ha observado que la composición taxonómica del banco de semillas varía dinámicamente a lo largo del año, entre la temporada de secas y la lluviosa. Entre las familias más representadas se encuentran Cactaceae, Fabaceae y, en particular, Poaceae; esta última predominando casi todo el año, tanto en abundancia como en número de especies.

Asimismo, diversos estudios han señalado que la diversidad de especies en el banco de semillas suele ser mayor durante la temporada seca (Dalling et al., 1998;

Pérez y Santiago, 2001; Meave et al., 2012; Martínez Orea et al., 2013), lo cual se asocia con el patrón temporal de fructificación de muchas especies arbóreas presentes en los bosques tropicales.

III. Justificación

El BTC es uno de los ecosistemas mejor representados en México y presenta una alta diversidad vegetal. En el estado de Puebla, el BTC ocupa cerca del 30% de la superficie territorial, con una extensión de 20.73%. Sin embargo, El cambio del uso de suelo ha provocado su deterioro. La mayoría de los estudios de la flora no consideran la identificación taxonómica de las semillas y plántulas, los cuales son básicos para implementar estudios de manejo, sucesión y dinámica de la vegetación. El presente estudio pretende describir las semillas y plántulas que conforman los bancos de semilla de un BTC, de la Sierra del Tentzo cuyos resultados serán fuente valiosa de información para estudios ecológicos integrativos posteriores.

IV. Pregunta de investigación

¿Cuál es la diversidad de semillas, en dos temporadas (lluvias y secas) del BTC, en Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán, en la Sierra del Tentzo, del estado de Puebla, México? ¿Cómo es la morfología de plántulas y diversidad de las especies del BTC de esta área natural?

V. Hipótesis

Los bancos de semillas son más diversos en temporada seca del año, su composición y diversidad difieren con las plántulas, una vez que se efectúa la germinación de sus semillas. Además, los caracteres morfológicos de las plántulas, permiten determinarlas en el nivel de especies. Se espera que la forma, posición, función de los cotiledones y protófilas de las plántulas, sirvan para caracterizar y

determinar las especies que conforman el banco de semillas.

VI. Predicciones

La diversidad para el banco de semillas será mayor en la temporada de secas.

La diversidad de semillas será mayor que la diversidad de plántulas.

Los caracteres como la forma, posición, función de los cotiledones y protófilas, entre otros, describirán la morfología de las plántulas.

Los caracteres morfológicos de las plántulas, permitirán la elaboración de una clave taxonómica a nivel específico.

VII. Objetivo general

- Analizar la diversidad y morfología de semillas y de plántulas del BTC, de los Bienes Comunales, de Santo Domingo Huehuetlán, en la Sierra del Tentzo, del estado de Puebla, México.

VIII. Objetivos particulares

- Calcular la diversidad de semillas y plántulas.
- Comparar la diversidad de semillas y plántulas en lluvias y secas.
- Comparar la diversidad y composición florística entre plántulas y banco de semillas.
- Describir la morfología de semillas y plántulas en el BTC.
- Elaborar una clave taxonómica de plántulas.

IX. Método

IX. Área de estudio

Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán , perteneciente al municipio

de Huehuetlán El Grande se encuentran incluido en la Reserva Sierra del Tentzo la cual es un Área Natural Protegida (ANP) de jurisdicción estatal; se trata de una pequeña cordillera con cerros de diferente altura y donde predominan los climas cálidos, y áridos. La reserva tiene una superficie de 57,815.2 ha, se ubica entre 18°42'26"– 18°58'20" N y 98°26'30"–97°55'14" W y un rango altitudinal de 1,342–2,594 m snm. Se integra parcialmente por los municipios de Atlixco, Atoyatempan, Huaquechula, Huatlatlauca, Huehuetlán el Grande, Molcaxac, Ocoyucan, Puebla, San Diego la Mesa Tochimiltzingo, San Juan Atzompa, Teopantlán, Tepeojuma y Tzicatlacoyan. La riqueza natural de esta Sierra se manifiesta gracias a diversos tipos de ecosistemas como el bosque de encino, bosque de pino, el bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, que alberga especies típicas de zonas subtropicales templadas. Donde el BTC tiene una extensión en la Sierra del Tentzo de 12,603.2578 ha. 20.73 %, solo debajo del bosque de encino que predomina en la reserva (INEGI, 2010).

El municipio de Huehuetlán El Grande (Figura 1) ocupa el 13.79% (7, 256.385 ha) de la superficie de la sierra del Tentzo. Presenta un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, cálido subhúmedo con lluvias en verano y templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura de 17-23° C. Los tipos de suelo que presenta son Leptosol (49.40%), Regosol (27.53%), Cambisol (18.85%), Calcisol (2.83%) y Vertisol (0.21%) (INEGI 2010).

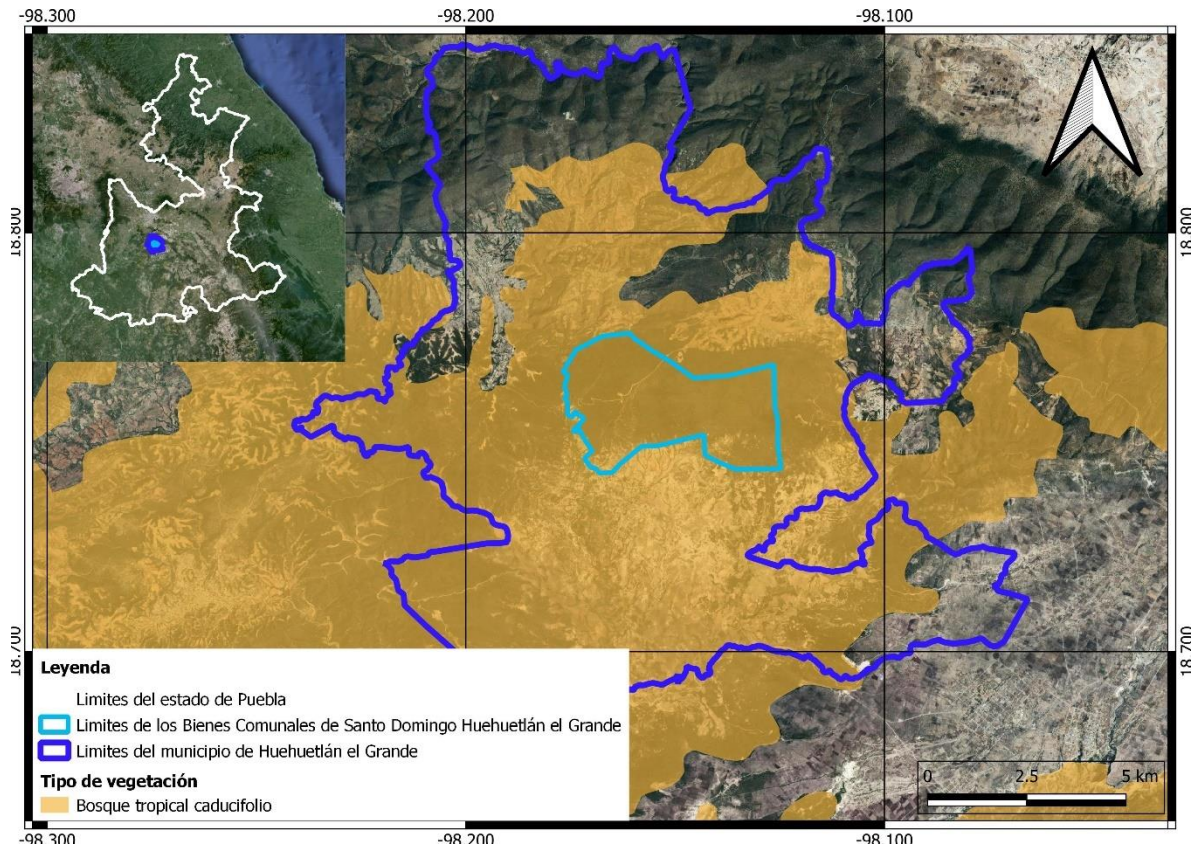


Figura 1. Ubicación geográfica del polígono de los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, municipio de Huehuetlán El Grande, Puebla (Elaboración propia con datos INEGI, 2025).

IX. Zona de muestreo

Con base en la revisión del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), el cual es un sistema desarrollado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad en México (CONABIO), cuyo objetivo es organizar, analizar y difundir información de la biodiversidad en México, y del Herbario Universitario (HUAP) de la BUAP, el cual es una colección dirigida, principalmente, a diferentes regiones del estado de Puebla, y estudios florísticos del Laboratorio de Biología Vegetal (LBV) de la Facultad de Ciencias Biológicas (FCB) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) (datos no publicados, tesis enfocados en el municipio de Huehuetlán El Grande), en primera instancia, se concentró una base de datos sobre la diversidad vegetal hasta este momento reconocida del BTC de la Sierra del Tentzo, misma que permitió delimitar los sitios

de muestreo. Se trabajo en zonas donde se conoce la diversidad florística. Se reconocieron tres sitios: 1) El sitio uno está compuesto por tres transectos de 20 metros cada uno, separados por una distancia mínima de 50 metros, y se ubica al noreste; 2) El sitio dos consta de dos transectos de las mismas dimensiones, con la misma separación mínima, y se encuentra al sur del sitio uno; y 3) El sitio tres incluye cuatro transectos de 20 metros, también, con una separación mínima de 50 metros entre ellos, y está situado al norte del sitio dos y al oeste del sitio uno. En cada transecto se realizó un levantamiento florístico, banco de semillas, semillas de planta madre y plántulas (Figura 2).

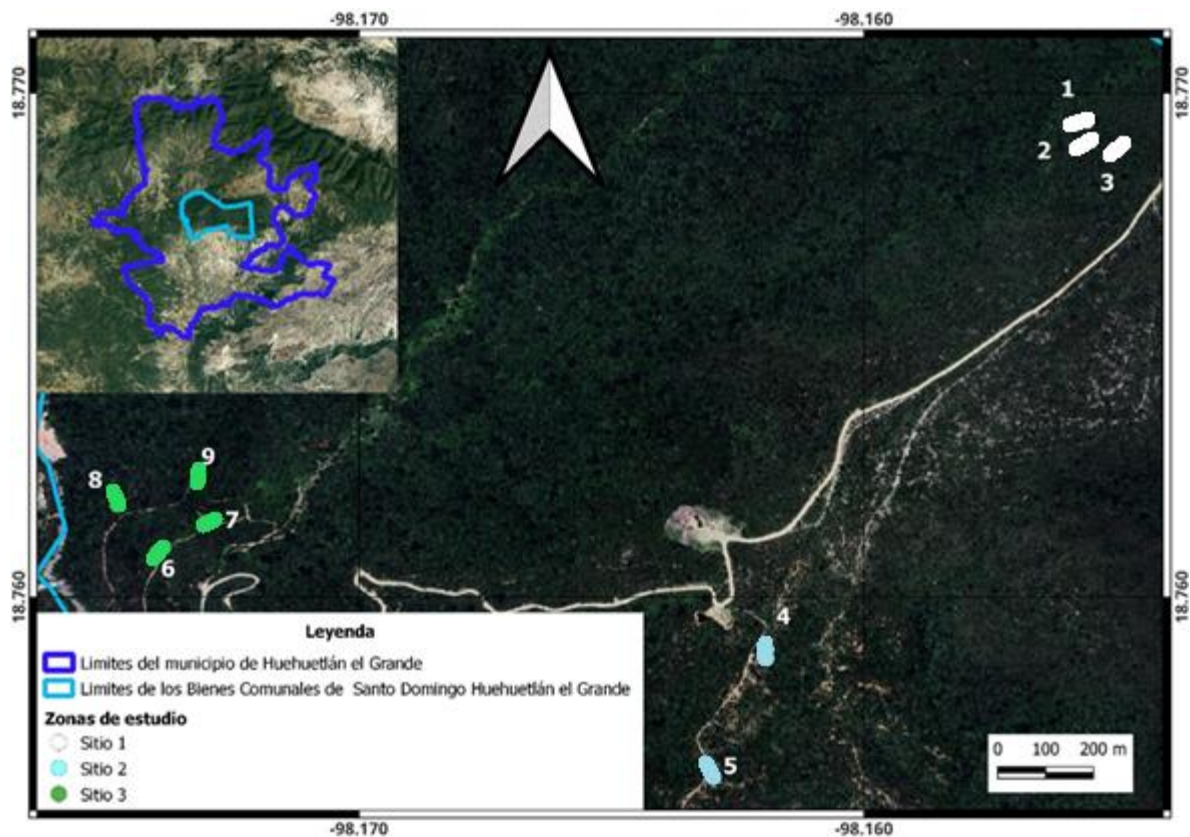


Figura 2. Ubicación geográfica de los tres sitios de colecta: Sitio uno (S1) conformado por tres transectos, Sitio dos (S2) y tres (S3) conformados por dos y cuatro transectos, respectivamente (Elaboración propia). Se marca punto inicial y final de cada transecto.

IX. Recolecta vegetal y de plántulas

El muestreo se realizó en las temporadas de lluvias y secas, con tres eventos de recolecta por período. El primero, se efectuó en agosto de 2023 y el último, se concluyó en agosto de 2024. Nueve transectos de 20 m x 1.0 m (20 m²) fueron establecidos. Para cada transecto se determinó la diversidad beta y la composición florística (Gordon, 2000; Ferro- Díaz, 2015).

X. Recolecta del banco de semillas

En cada transecto, se colectaron cinco muestras de suelo de 30 x 30 x 5 cm de profundidad con una distancia de separación entre puntos de muestreo de cinco m. En total, se recolectaron 45 muestras de suelo con aproximadamente 1.5 kg para cada temporada de muestreo. En el laboratorio, cada muestra fue cernida con un tamizador Lacor® de cuatro mallas que favoreció la separación de las semillas presentes en las muestras. Una vez separadas las semillas, éstas fueron sometidas a germinación con base en el método propuesto por Rico-Gray y García-Franco (1992).

IX. Recolecta, secado y montaje de plántulas

Las plántulas recolectadas en los transectos y las obtenidas mediante germinación en el laboratorio, fueron prensadas bajo el método convencional con la ayuda de periódico, cartón y prensa botánica. Posteriormente, las plántulas fueron deshidratadas en un horno a 40°C durante 48 horas. Una vez deshidratadas, las plántulas fueron determinadas taxonómicamente con la ayuda de literatura especializada (Bedoya-Patiño et al., 2010) y montadas en cartulina blanca bristol® de 38 x 40 cm.

IX. Técnica emergente de plántulas (germinación)

La germinación de semillas se llevó a cabo sólo para las especies con mayor abundancia. Se realizaron dos repeticiones de 30 semillas cada una. Las semillas se colocaron en cajas de Petri y dentro de ésta papel filtro humedecido. Las cajas se sometieron a 27°C y con humedad constante, en una cámara de germinación. Cada 24 horas, se efectuó el registro de semillas germinadas. Una vez que las

semillas germinaron y se desarrollaron las plántulas, se trasplantaron en charolas y, simultáneamente, se determinaron y estudiaron morfológicamente. Las semillas con testa serosa abundante o gruesa fueron sometidas a escarificación mecánica, efectuando una ligera disección con la ayuda de una navaja (Camargo-Ricalde y Grether, 1998).

IX. Prueba de viabilidad

Se llevo a cabo para aquellas semillas que no lograron germinar, mediante la solución de cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio al 10%. Las semillas fueron embebidas en agua por, al menos, 24 horas. Previamente, un corte en la testa fue generado con la finalidad de que la solución ingresara al embrión. Posteriormente, las semillas fueron colocadas en cajas de Petri de vidrio y se cubrieron con papel aluminio durante dos horas para evitar la incidencia de luz. Una vez transcurrido el tiempo, se determinó la viabilidad de las semillas con ayuda de un estereoscopio (ISTA, 2014). Se clasificaron en semillas viables (aquellas que se tiñeron de color rojo), no viables (aquellas que no se tiñeron), vanas (semillas sin la presencia del embrión) y germinadas; explicar a qué corresponde cada caso.

IX. Determinacion taxonomica de semillas y plántulas

La determinación taxonómica de las semillas y las plántulas se realizó a través de la comparación de la bibliografía existente al respecto (Piudo y Cavero, 2005). También, se germinaron las semillas para obtención de plántulas mediante la técnica emergente de plántulas (Velosa-Caicedo et al., 2018) y posteriormente se corroboró mediante una revisión bibliográfica (Del Amo, 1979; Zamora Cornelio et al., 2010; Sánchez, 2020).

IX. Clave taxonómica

Con base en el tipo de germinación, tipo y función del cotiledón, morfología de las protófilas y nomófilas, así como la forma del hipocótilo y epicótilo (Marino et al., 2008, Zamora Cornelio et al., 2010; Sánchez 2020) de las plántulas recolectadas y las obtenidas mediante germinación en el laboratorio, se construyó una clave

dicotómica que permitirá determinar las plántulas de la región estudiada y de ecosistemas similares dentro de la República Mexicana.

X. Análisis estadístico e índices

Con base en las especies registradas y su densidad en cada transecto, se calculó, mediante el índice de Simpson, la diversidad alfa del banco de semillas para cada transecto. Los valores de la diversidad alfa, de cada transecto, fueron comparados entre las temporadas de lluvias y secas, a través de la prueba de Mann-Whitney. También, se estimó la diversidad beta, a través del índice de Jaccard, entre las semillas de la planta madre vs las plántulas recolectadas en campo. El índice de Jaccard permitió conocer la similitud entre las especies compartidas del banco de semillas con las plántulas que se encuentran en los diferentes sitios y transectos muestreados. Además, para corroborar lo anterior, se empleó un análisis multivariado de similitud (ANOSIM) para determinar diferencias significativas ($P=0.05$) en la composición florística del banco de semillas y las plántulas (Somerfield et al., 2021).

X. Índice de simpson

El índice de diversidad de Simpson permitió medir la diversidad de especies en una comunidad, a partir de la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Simpson, et al. 1989) cuya formula es.

$$D = \sum n_j (n_j - 1) / N (N - 1)$$

Donde: n_j : es el número de organismos que pertenecen a la especie j

N : es el número total de organismos

El valor del índice de diversidad de Simpson varía entre 0 y 1. Cuando mayor sea el valor, menor será la diversidad (Bouza y Covarrubias, 2005).

X. Índice de jaccard

Este coeficiente permitió medir la similitud entre los transectos a partir de la presencia o ausencia de las especies. El calculo de este índice se efectuó a través

del programa Rstudio (R Core Team, 2019), la formula del índice de Jaccard es:

$$J_{ij} = C / S1 + S2 - C$$

Donde: S1 = N° de especies presentes en la zona 1

S2 = N° de especies presentes en la zona 2

C = N° de especies que están presentes en las dos muestras

En este índice se puede observar la inserción entre la suma de todo lo no común, los valores oscilan entre 0 y 1, cuando la intersección es nula, $J_{ij} = 0$, y cuando los conjuntos son idénticos, $J_{ij} = 1$ (Costa, 2024). Posteriormente, se construyeron los dendrogramas con los valores obtenidos del índice de Jaccard.

XI. Resultados

IX. Composición de la flora

Para los nueve transectos trabajados, a nivel de especie se determinó el 61% de las muestras recolectadas, 3% en el nivel de género y 9% en el nivel de familia. El 26% restante no se logró determinar en ninguna de las categorías mencionadas. La mejor representatividad de las especies corresponde a Fabaceae con 18%, seguida de Asteraceae 16%, Malpighiaceae 10%, Poaceae 8% y Burseraceae y Euphorbiaceae con el 6%, cada una (Figura 3).

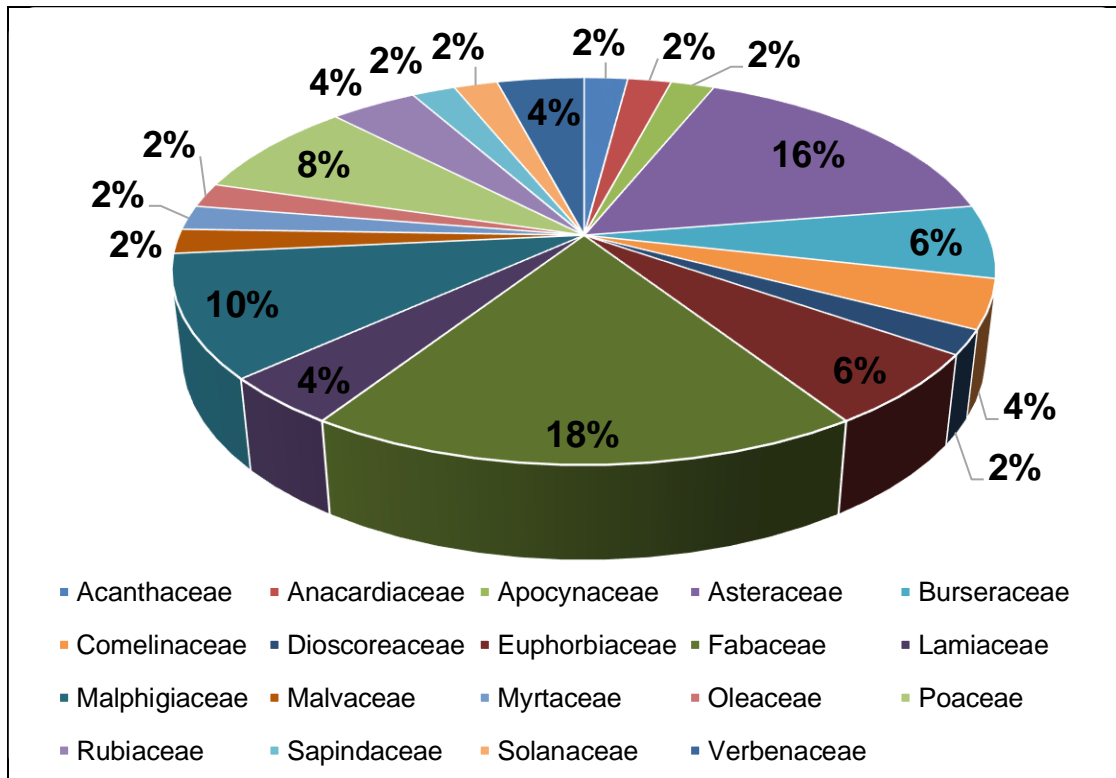


Figura 3. Porcentaje de especies de flora identificados a nivel de familia, en los nueve transectos del bosque tropical caducifolio (BTC) de Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, Área Natural Protegida (ANP) Sierra del Tentzo, Puebla.

Los géneros mejor representados fueron *Bursera* (Burseraceae), *Lasiacis* (Poaceae), y *Senna* (Fabaceae), con abundancia de tres individuos. *Calcicola* (Malpighiaceae), *Euphorbia* (Euphorbiaceae), *Randia* (Rubiaceae) y *Salvia* (Lamiaceae), presentaron una abundancia de dos individuos, cada una, en 180 m². Mientras que las especies con mayor abundancia fueron *Bursera simaruba*, *Calcicola parviflora*, *Lasiacis nigra*, *Salvia connivens*, *Senna wislizeni* y *Randia thurberi*, cada especie con dos individuos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de especies determinadas en los sitios de estudios.

Familia	Género	Especie	No de transecto registrado
Acanthaceae	<i>Justicia</i>	<i>Justicia caudata</i> A. Gray	1
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium</i>	<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Schiede	8

Apocynaceae	<i>Haplophyton</i>	<i>Haplophyton cimicidum</i> A. DC.	7
Asteraceae	<i>Chromolaena</i>	<i>Chromolaena ovaliflora</i> (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob.	6
	<i>Dendroviguiera</i>	<i>Dendroviguiera eriophora</i> (Greenm.) E.E. Schill. & Panero	3
	<i>Parthenium</i>	<i>Parthenium bipinnatifidum</i> (Ortega) Rollins	7
Burseraceae	<i>Zinnia</i>	<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	6
	<i>Bursera</i>	<i>Bursera copallifera</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock	9
		<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	3
Commelinaceae	<i>Commelina</i>	<i>Commelina difusa</i> Burm. f.	6
Commelinaceae	<i>Tradescantia</i>	<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	3
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea</i>	<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	6
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ortega	6
	<i>Euphorbia</i>	<i>Euphorbia</i> sp.	3
		<i>Euphorbia</i> sp. 1	3
Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.	4
	<i>Eysenhardtia</i>	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	4
	<i>Lonchocarpus</i>	<i>Lonchocarpus caudatus</i> Pittier	4
	<i>Lysiloma</i>	<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F. Macbr.	2
	<i>Mimosa</i>	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	9
	<i>Senna</i>	<i>Senna argentea</i> (Kunth) H.S. Irwin & Barneby	7
		<i>Senna wislizeni</i> (A. Gray) H.S. Irwin & Barneby	4
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>Vachellia campeachiana</i> (Mill.) Seigler & Ebinger	4
	<i>Salvia</i>	<i>Salvia connivens</i> Epling	1,6
Malpighiaceae	<i>Bunchosia</i>	<i>Bunchosia palmeri</i> S. Watson	9
	<i>Calpicola</i>	<i>Calpicola parvifolia</i> (A. Juss.) W.R. Anderson & C. Davis	1

	<i>Echinopterys</i>	<i>Echinopterys eglandulosa</i> (A. Juss.) Small	2
	<i>Heteropterys</i>	<i>Heteropterys brachiata</i> (L.) DC.	3
Malvaceae	<i>Melochia</i>	<i>Melochia corymbosa</i> (C. Presl) C.F.W. Meissn. ex Steud.	1
Myrtaceae	<i>Calyptranthes</i>	<i>Calyptranthes schiedeana</i> O. Berg	1
Oleaceae	<i>Forestiera</i>	<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	7
Poaceae	<i>Lasiacis</i>	<i>Lasiacis nigra</i> Davidse	1, 3
		<i>Lasiacis ruscifolia</i> (Kunth) Hitchc. & Chase	6
	<i>Oplismenus</i>	<i>Oplismenus burmanni</i> (Retz.) P.Beauv.	6
Rubiaceae	<i>Randia</i>	<i>Randia thurberi</i> S. Watson	4, 8
Sapindaceae	<i>Dodonaea</i>	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.	1
Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum gardneri</i> Sendtn..	6
Verbenaceae	<i>Lantana</i>	<i>Lantana</i> sp.	6
	<i>Lippia</i>	<i>Lippia oaxacana</i> B.L. Rob.	3

XI. Semillas: Temporada de lluvias

A) Banco de semillas

Se recolectó un total de 45 muestras de suelo en los tres sitios de muestreo. En el sitio tres (S3), se obtuvo la mayor cantidad de semilla con 62 que fueron clasificadas en cinco morfotipos. El sitio dos (S2), se recolectaron 34 semillas y el sitio uno (S1), presentó la menor cantidad con 22 semillas; en ambos sitios se reconocieron tres tipos morfológicos (Figura 4).

Se reconocieron diez morfotipos de semillas, de los cuales cinco de estos se determinaron a nivel de especie: *Ipomoea arborescens*, *Eysenhardtia polystachya*, *Conzattia multiflora*, *Lonchocarpus caudatus* y *Vachellia pennatula* (Cuadro 2, Figura 5). Se reconocieron tres familias presentes: Burseraceae, Convolvulaceae y Fabaceae, esta última presentó el mayor número de especies (cinco).

B) Planta madre

Un total de 16 morfotipos en semillas fueron recolectados en los tres sitios de muestreo (Figura 5). Doce morfotipos se determinaron al nivel de especie, dos a nivel género y dos morfotipos no se lograron determinar taxonómicamente a nivel de familia o taxa inferiores.

Con cinco especies y dos morfotipos, el S3 fue el más rico en especies, *Amphipterygium adstringens*, *Bunchosia palmeri*, *Echinopterys eglandulosa*, *Senna wislizeni*, *Randia thurberi*, Asteraceae y un morfotipo no determinado. El S1 fue el segundo más rico en especies, *Calpicola parvifolia*, *Conzattia multiflora*, *Melochia corymbosa*, *Bursera* sp. 1, *Bursera* sp. 2 y un morfotipo no determinado. Mientras que el S2 solo presentó las especies *Cephalocereus mezcalaensis*, *Ipomoea arborescens* y *Lonchocarpus caudatus* (Cuadro 2, Figura 4, 5).

Cuadro 2. Semillas y frutos en temporada de lluvias para Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

Temporada de lluvias				
	Banco semillas		Planta madre	
	Familia	Especie	Familia	Especie
Sitio 1	Burseraceae	<i>Bursera</i> sp.	Malpighiaceae	<i>Calpicola parvifolia</i>
	Fabaceae	<i>Conzattia multiflora</i>	Fabaceae	<i>Conzattia multiflora</i>
		Fabaceae	Malvaceae	<i>Melochia corymbosa</i>
			Burseraceae	<i>Bursera</i> sp. 1 <i>Bursera</i> sp. 2 Morfotipo 1
Sitio 2	Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>	Cactaceae	<i>Cephalocereus mezcalaensis</i>
	Fabaceae	<i>Lonchocarpus caudatus</i>	Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>
		Morfotipo 1	Fabaceae	<i>Lonchocarpus caudatus</i>
Sitio 3	Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>	Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i> ,
	Fabaceae	<i>Vachellia</i>	Malpighiaceae	<i>Bunchosia</i>

<p><i>pennatula</i> <i>Eysenhardtia</i> <i>polystachya</i> Morfotipo 2 Morfotipo 3</p>	<p>Fabaceae Rubiaceae Asteraceae</p>	<p><i>palmeri</i>, <i>Echinopterys</i> <i>eglandulosa</i>, <i>Senna wislizeni</i>, <i>Randia thurberi</i> Morfotipo 2 Morfotipo 3</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

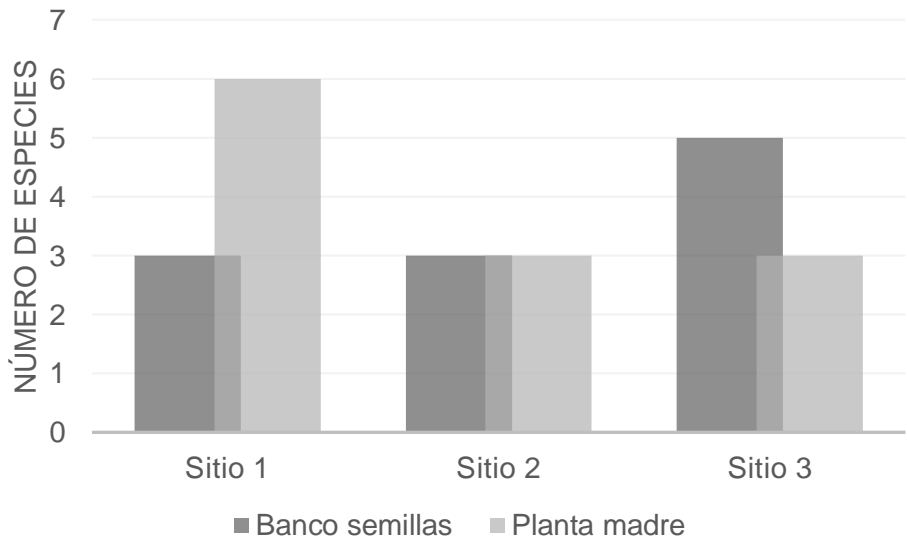


Figura 4. Número de especies del banco de semillas y de la planta madre encontradas por sitio para el banco y planta madre en la temporada de lluvias para Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

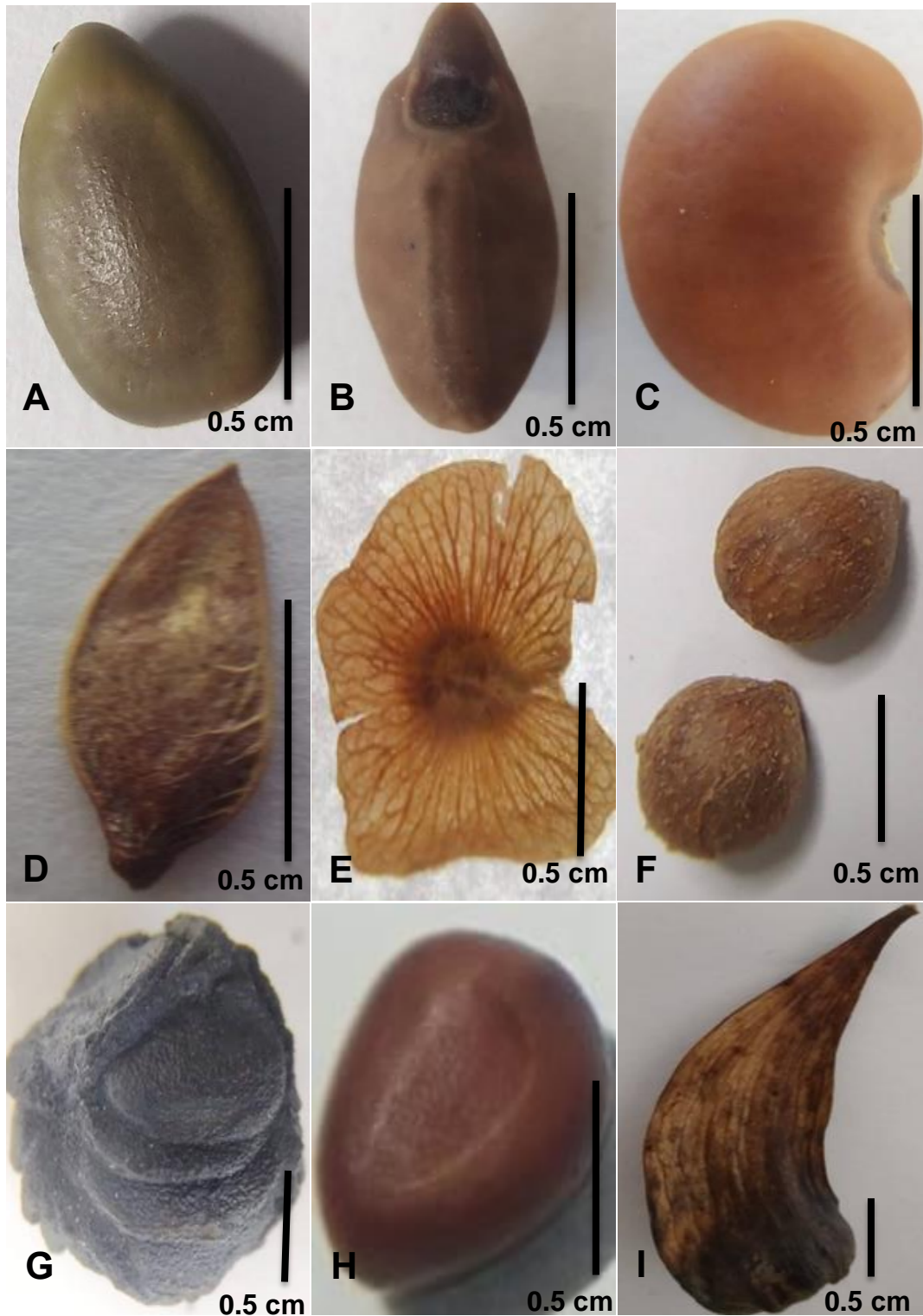


Figura 5. Semillas y frutos recolectados durante la temporada de lluvias. A) *Conzattia multiflora*, B) *Ipomoea arborescens*, C) *Lonchocarpus caudatus*, D) *Eysenhardtia polystachya*, E) *Calciola parvifolia*, F) *Bunchosia palmeri*, G) *Randia thurberi*, H) *Vachellia pennatula*, e I) *Amphipterygium adstringens*.

XI. Semillas presentes en temporada de secas

A) Banco de semillas

En los tres sitios de recolecta, de las muestras de suelo se lograron identificar diez morfotipos. Comparando el número de semillas presentes, el S3 registró 96 semillas, resultando el de mayor abundancia, seguido por el S2 con 81 y el S1 solo presentó 17; cada sitio se conformó por seis, dos y cinco tipos morfológicos, respectivamente (Figura 6).

De los diez morfotipos encontrados, siete se determinaron a nivel de especie, uno a género y dos a familia. La especie de mayor abundancia de semillas fue *Ipomoea arborescens*, seguido de frutos de *Amphipterygium adstringens* y el menor número lo presentó *Vachellia pennatula*, *Conzattia multiflora* y *Bursera* sp (Figura 7). Mientras que las familias Anacardiaceae, Burseraceae, Convolvulaceae, Fabaceae Malvaceae y Salicaceae resultaron ser las familias mejor representadas (Cuadro 3).

B) Planta madre

Un total de 14 morfotipos de semillas fueron recolectadas directamente de las plantas presentes en los transectos, siete morfotipos se determinaron en el nivel de especie, dos a nivel género y familia, respectivamente. Para el S1 se reconocieron 11 especies, seguido del S3 con cuatro; por el contrario, no se lograron reconocer semillas para el S2 (Figura 6).

De los 14 morfotipos que se lograron reconocer diez, los cuales pertenecen a las familias Asteraceae (dos morfotipos), Burseraceae (dos spp. de *Bursera*), Convolvulaceae (*Ipomoea arborescens*), Fabaceae (*Conzattia multiflora* y *Mimosa polyantha*), Malpighiaceae (*Callicola parvifolia*) Malvaceae (*Ceiba aesculifolia* y *Melochia corymbosa*), Ranunculaceae (*Clematis dioica*) Salicaceae (*Neopringlea viscosa*) (Cuadro 3, Figura 7).

Cuadro 3. Semillas y frutos en temporada de secas para Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

	Banco semillas		Planta madre	
	Familia	Especie	Familia	Especie
Sitio 1	Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>	Asteraceae	Morfotipo 1
				Morfotipo 2
	Fabaceae	<i>Vachellia pennatula</i>	Burseraceae	Bursera sp. 1
		<i>Conzattia multiflora</i>		<i>Bursera</i> sp. 2
		Morfotipo 1	Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>
	Salicaceae	<i>Neopringlea viscosa</i>	Fabaceae	<i>Conzattia multiflora</i>
			Malpighiaceae	<i>Calcolia parvifolia</i>
			Malvaceae	<i>Melochia corymbosa</i>
			Ranunculaceae	<i>Clematis dioica</i>
			Salicaceae	<i>Neopringlea viscosa</i>
Sitio 2			Morfotipo 3	Morfotipo 3
	Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>	-----	-----
	Fabaceae	<i>Lonchocarpus caudatus</i>		
Sitio 3	Burseraceae	<i>Bursera</i> sp.	Asteraceae	Morfotipo 1
	Convolvulaceae	<i>Ipomoea arborescens</i>	Fabaceae	<i>Mimosa polyantha</i>
	Fabaceae	<i>Conzattia multiflora</i>	Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>
	Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Morfotipo 4	Morfotipo 4
	Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i>		
	Morfotipo 2	Morfotipo 2		

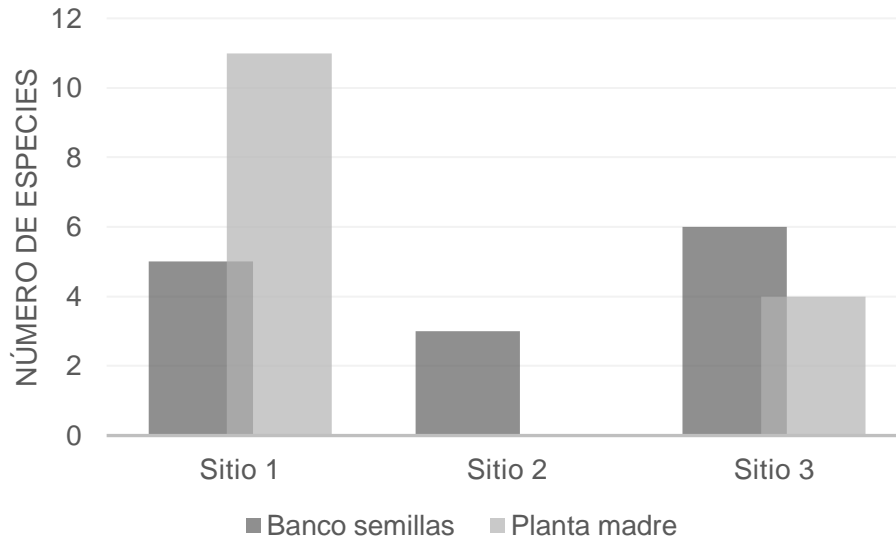


Figura 6. Número de especies del banco de semillas y de planta madre encontradas por sitio para el banco y planta madre en la temporada de secas para Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

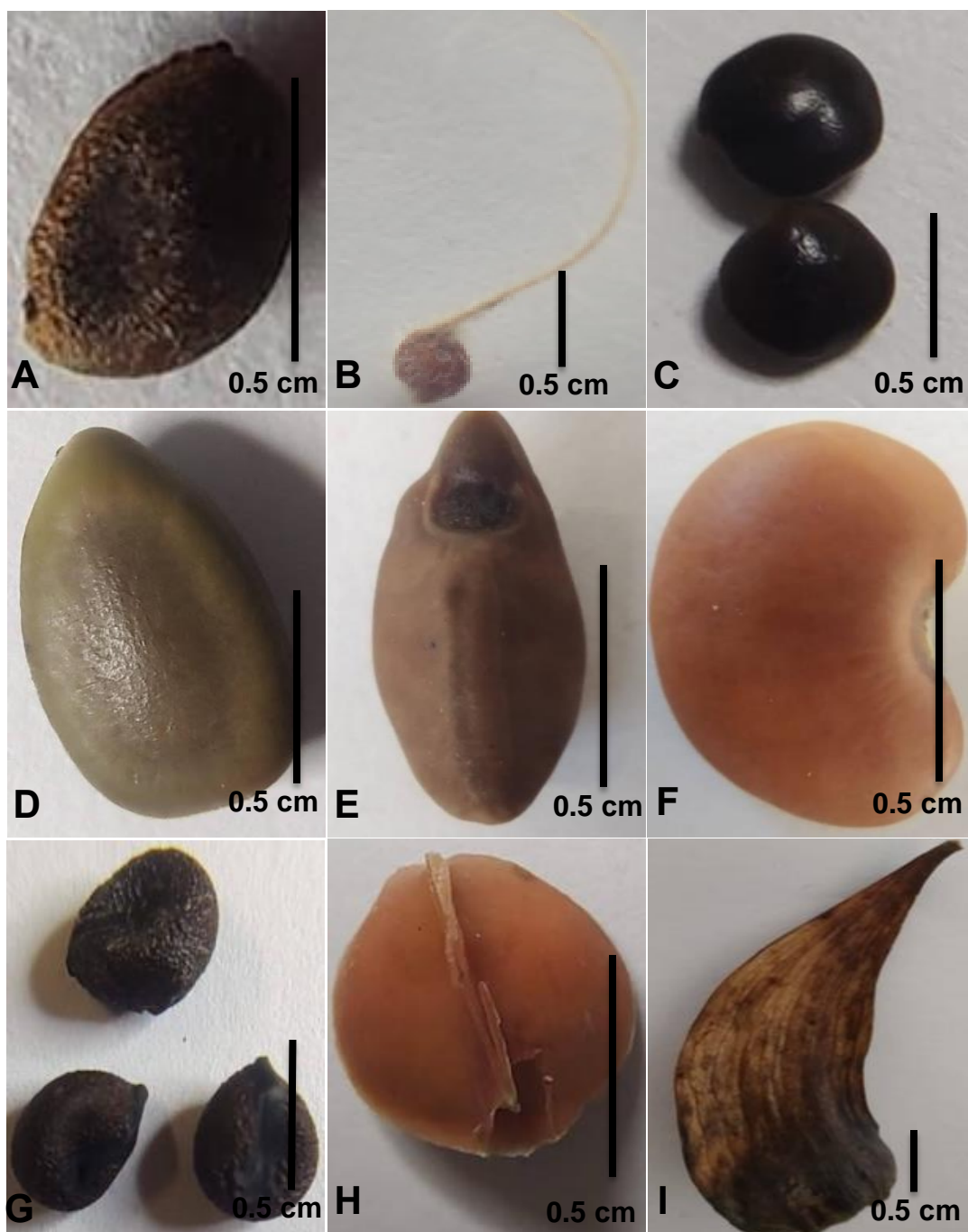


Figura 7. Semillas y frutos recolectadas durante la temporada de secas. A) *Melochia corymbosa*, B) *Clematis dioica*, C) *Mimosa polyantha*, D) *Conzattia multiflora*, E) *Ipomoea arborescens*, F) *Lonchocarpus caudatus*, G) *Ceiba aesculifolia*, H) *Bursera* sp. e I) *Amphipterygium adstringens*.

XI. Viabilidad de semillas temporada de lluvias y secas

Las semillas obtenidas mediante colecta de los ejemplares botánicos y las provenientes del banco de semillas durante la temporada de lluvias y secas, presentaron diferentes grados de viabilidad la Figura 8 muestra los porcentajes de viabilidad en semillas, así como los porcentajes de germinación y semillas vanas.

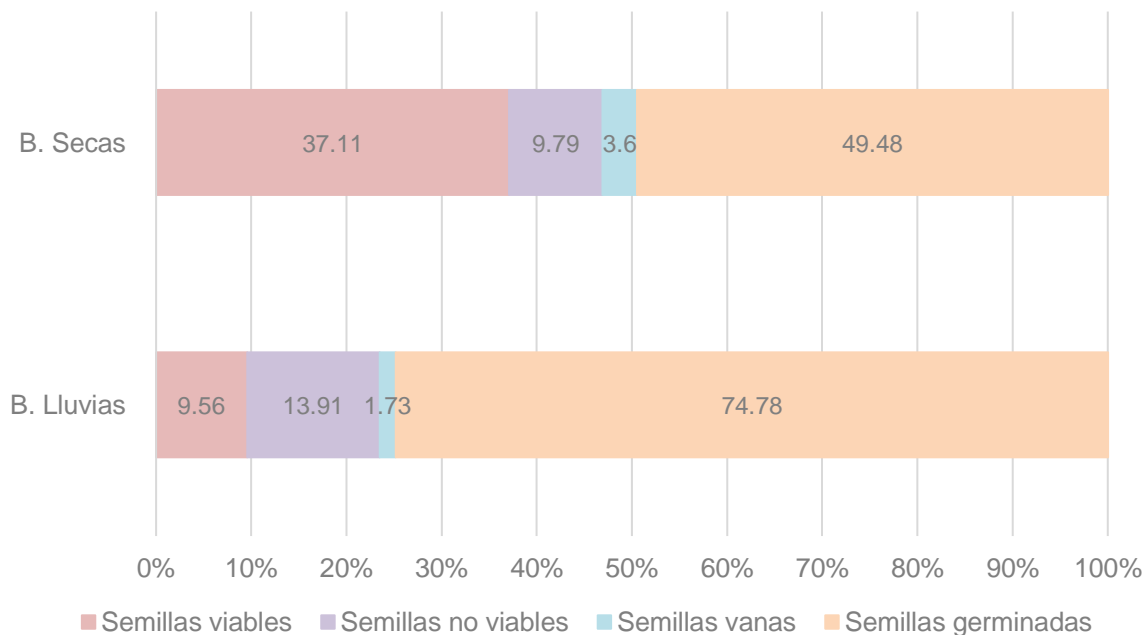


Figura 8. Porcentaje de viabilidad del banco de semillas de la temporada de lluvias y secas para Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, Área Natural Protegida (ANP) Sierra del Tentzo, Puebla.

XI. Índices de diversidad de simpson para el banco de semillas

Los valores obtenidos para el Índice de Diversidad de Simpson, para cada uno de los sitios de la temporada de lluvias, fueron $S_2 = 0.42$, $S_1 = 0.62$ y $S_3 = 0.64$. Lo mismo sucede en la temporada de secas, en la que los valores obtenidos fueron $S_2 = 0.48$, $S_3 = 0.60$, y $S_1 = 0.62$ (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índice de Diversidad de Simpson para las temporadas de lluvias y secas, de los sitios estudiados para Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

Sitio	Temporada lluvias			Temporada secas		
	Abundancia	S	D	Abundancia	S	D
1	22	3	0.62	17	5	0.62
2	34	3	0.42	109	3	0.48
3	60	5	0.64	101	5	0.6

Los resultados derivados de la prueba de Mann Whitney, para determinar si existían diferencias significativas entre el banco de semillas de las recolectas de lluvias y secas, mostraron que no existen diferencias significativas entre ambas temporadas ($p=0.82$; Figura 9), por lo que existe homogeneidad para el banco de semillas entre los diferentes transectos, así como entre las temporadas estudiadas.

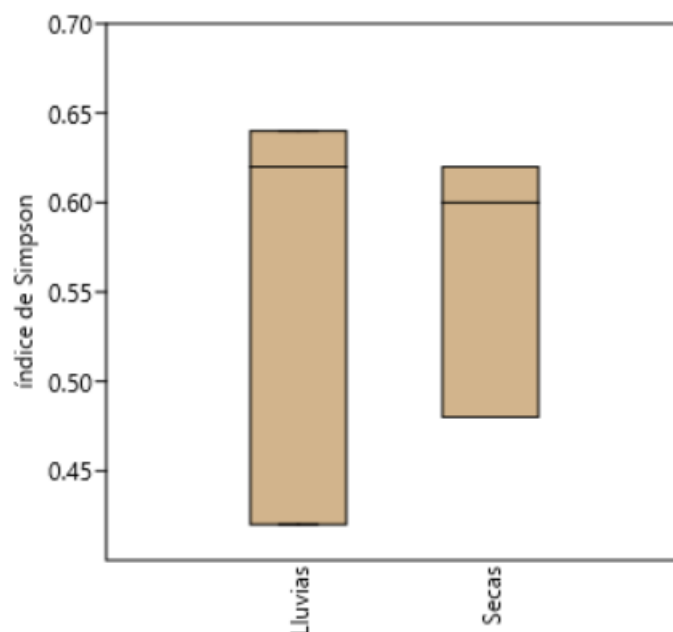


Figura 9. Comparaciones estacionales del banco de semillas entre la temporada de lluvias y secas para Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

XI. Índice de jaccard de semillas de la planta madre

En el caso de los resultados del Coeficiente de Similitud de Jaccard, para comparar la composición de semillas de la planta madre de los tres sitios reconocidos, en

ambas temporadas (lluvias y secas), no se muestra similitud entre los sitios en la temporada de lluvias, arrojando valores de "0"; es decir, se presenta diferente composición. Lo mismo ocurre para la temporada de secas, el S1 y S3 compartieron una especie que corresponde a la familia Asteraceae con un valor =0.07; es decir, la similitud es baja.

El Coeficiente de Similitud de Jaccard, para comparar la composición de semillas de la planta madre de las temporadas de lluvias y secas, mostró que los sitios S1 y S2 compartieron una especie (*Ipomoea arborescens*), y con el S3 se compartió a Asteraceae; los valores obtenidos fueron bajos, lo cual refleja una baja similitud entre los sitios.

XI. Morfología de plántulas obtenidas del banco de semillas y planta madre

Se reconocieron 11 tipos morfológicos diferentes de plántulas de las especies *Cephalocereus mezcalaensis* Bravo (Cactaceae; Figura 10) , *Ipomoea arborescens* Sweet (Convolvulaceae; Figura 11), *Lonchocarpus caudatus* Pittier (Figura 12), *Conzattia multiflora* Standl (Figura 13), *Mimosa polyantha* Benth (Figura 14), *Senna* sp. (Figura 15 ; Fabaceae), *Bunchosia palmeri* S. Watson Figura 16 (Malpighiaceae), *Ceiba aesculifolia* (Kunth) Britten y Baker f. Figura 17 (Malvaceae), *Cardiospermum halicacabum* Figura 18 (Sapindaceae), morfotipo 1 (Figura 19) y morfotipo 2 (Figura 20).

El tipo de plántula fanerocotilar, epigea, con cotiledones de reserva (PER), fue el más frecuente; seguido del tipo fanerocotilar, epigea, con cotiledones foliáceos (PEF), y el menos frecuente fue el criptocotilar, epigeo, con cotiledones de reserva (CER). La familia mejor representada fue Fabaceae, con cuatro especies (*Lonchocarpus caudatus* y *Conzattia multiflora*, *Mimosa polyantha* y *Senna* sp.). Todas con plántulas tipo PER. Dos especies presentaron protófilas compuestas pecioladas, hipocótilo y epicótilo cilíndricos, radícula de tipo axonomorfa. Mientras que *Cephalocereus mezcalaensis* (Cactaceae) desarrolló cotiledones carnosos, opuestos, triangulares, color verde pálido; hipocótilo corto, color blanquecino a verde pálido; epicótilo y radícula (Figura 10). *Ipomoea arborescens* (Convolvulaceae) desarrolló cotiledones foliáceos, opuestos, bilobulados, margen entero; protófilas simples, opuestas, ovadas y margen entero; hipocótilo y epicótilo

cilíndricos (Figura 11). *Bunchosia palmeri* (Malpighiaceae) se distingue por la permanencia de los cotiledones en el interior de la testa; protófilas simples, opuestas, pecioladas, ovaladas, margen entero, hipocótilo y epicótilo de forma cilíndrica con presencia de tricomas simples (Figura 16).

Familia Cactaceae

Género: *Cephalocereus*

Especie: *C. mezcalaensis*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones carnosos, opuestos, en forma triangular, color verde pálido, radícula incospicua, color blanquecino a verde pálido, epicótilo incospicuo (Figura 10).

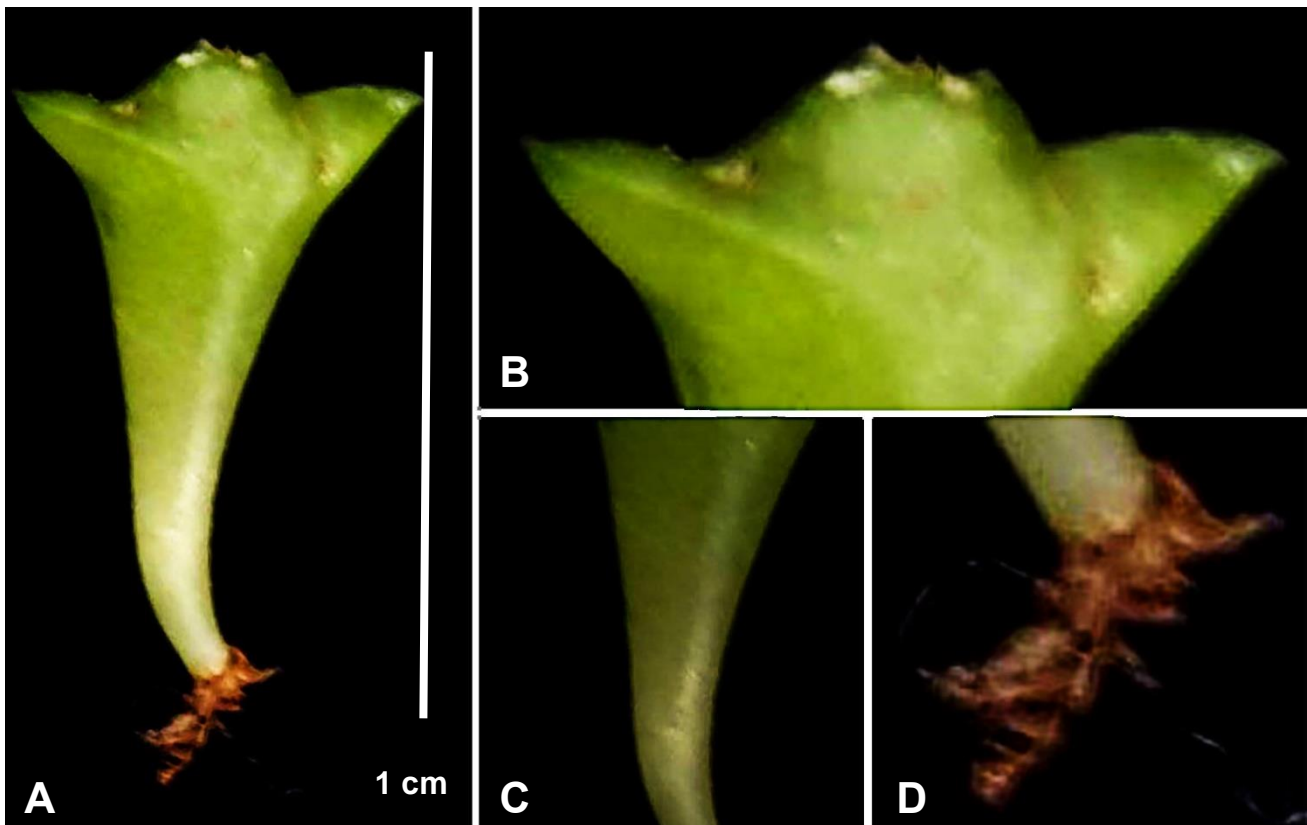


Figura 10. *Cephalocereus mezcalaensis*. A) Morfología de la plántula, B) cotiledones, C) hipocótilo y D) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia Convolvulaceae

Género: *Ipomoea*

Especie: *I. arborescens*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, opuestos, forma bipartida, margen entero, protófilas opuestas, pecioladas, forma de la hoja ovada, base redondeada, ápice atenuado, margen entero, nomófila opuesta, peciolada, base redondeada, ápice atenuado, margen entero, hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde amarillo (Figura 11).

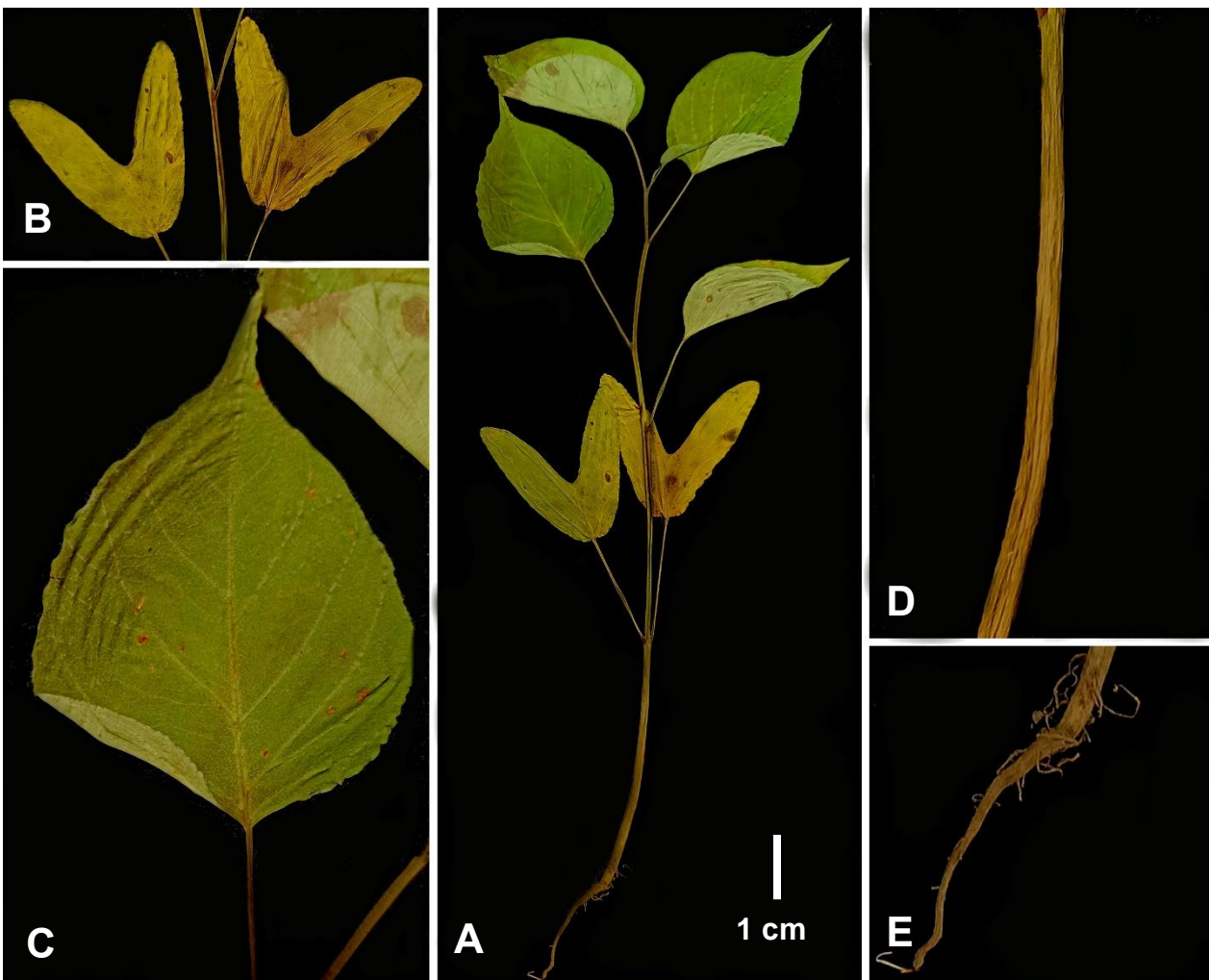


Figura 11. *Ipomoea arborescens*. A) Morfología de la plántula, B) cotiledones, C) protófila, D) hipocótilo y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia Fabaceae

Género: *Lonchocarpus*

Especie: *L. caudatus*

Germinación epigea, fanerocotilar y cotiledones opuestos, carnosos, de reserva en forma de riñón, protófilas simples, opuestas, forma ovada, margen entero, base obtuso, ápice apiculado, nomófila simple, forma ovada, margen entero, base obtuso, ápice apiculado, hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde (Figura 12).

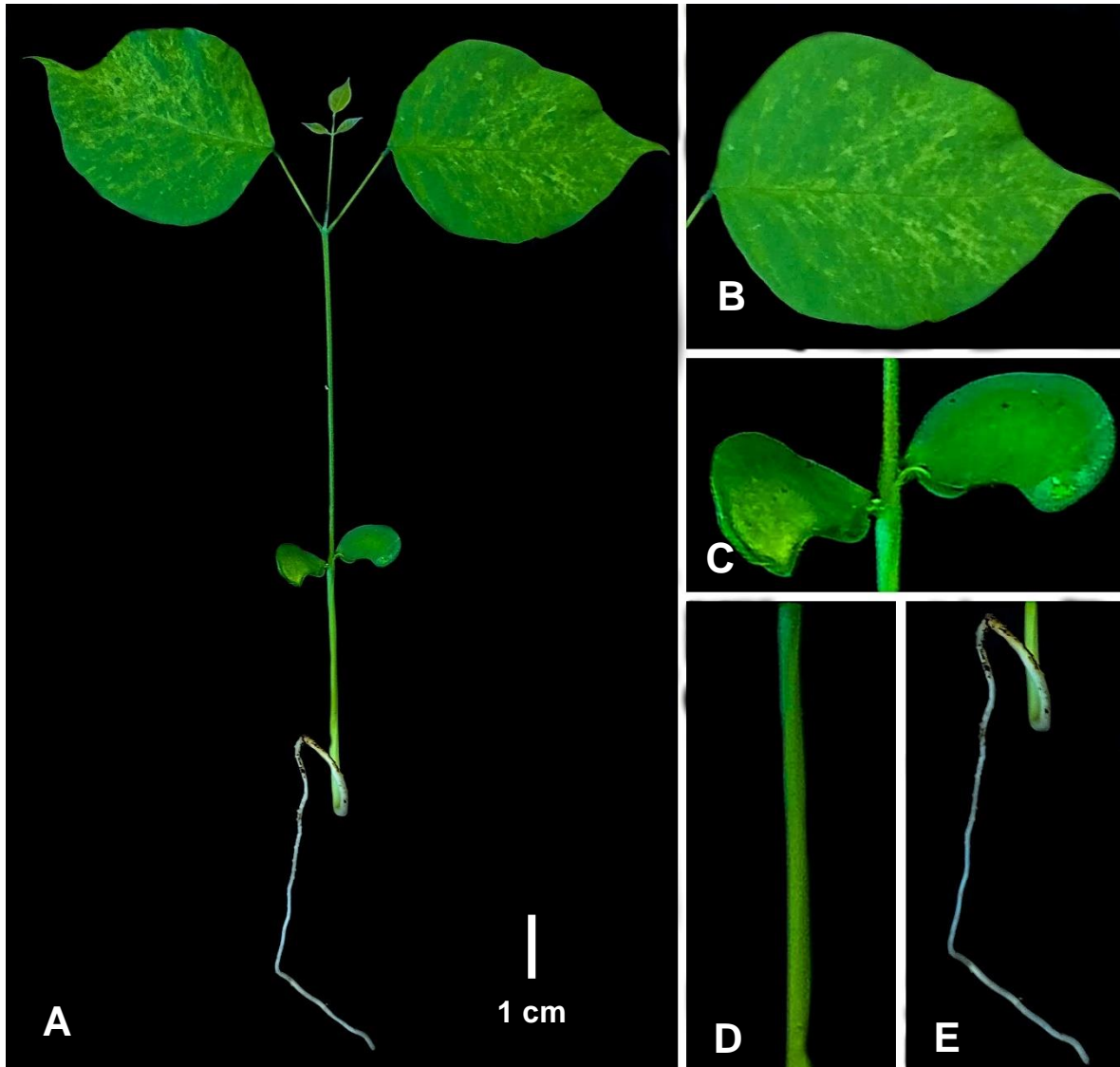


Figura 12. *Lonchocarpus caudatus*. A) Morfología de la plántula, B) protófila, C) cotiledones, D) hipocótilo y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia Fabaceae

Género: *Conzattia*

Especie: *C. multiflora*

Germinación epigea, fanerocotilar y cotiledones opuestos, de reserva, forma elíptica, protófilas paripinnadas, peciolada, 20 folíolos pecioladas de forma elíptica, margen entero, opuestos, nomófila compuesta con 30 folíolos pecioladas, forma elíptica, hipocótilo cilíndrico de color blanquecino a verde-amarillo, epicótilo cilíndrico de color verde (Figura 13).

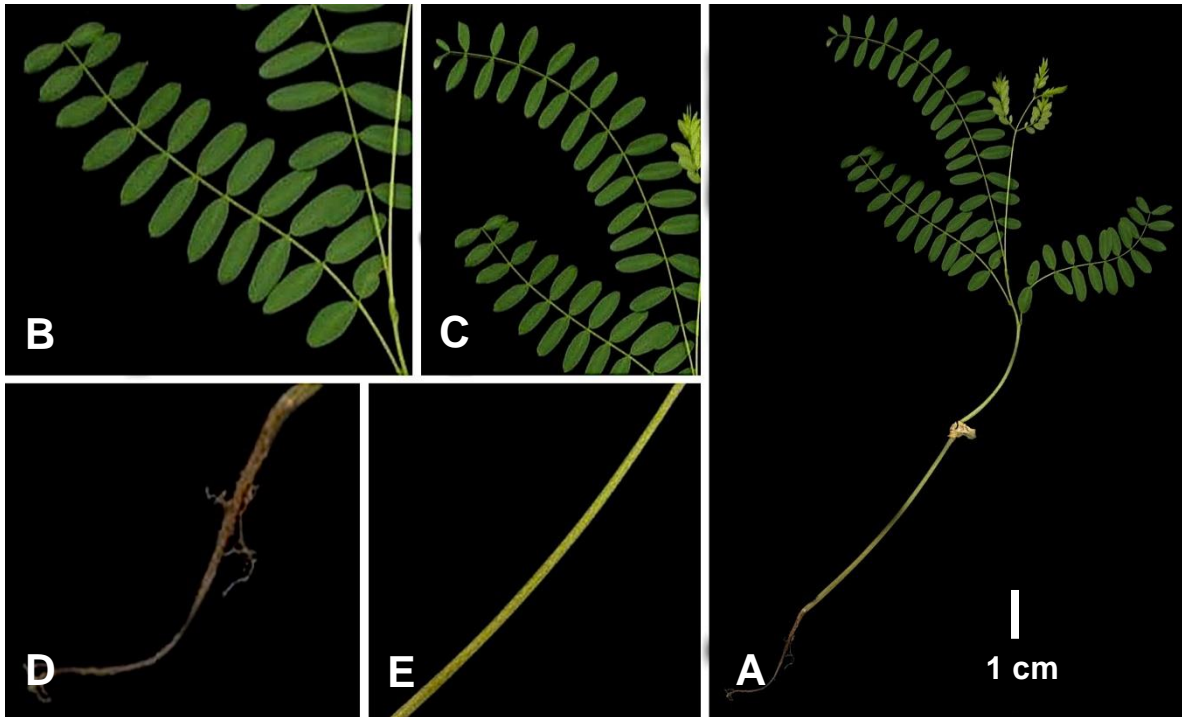


Figura 13. *Conzattia multiflora*. A) Morfología de la plántula, B) protófila, C) nomófila, D) radícula y E) hipocótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia Fabaceae

Género: *Mimosa*

Especie: *M. polyantha* Benth

Germinación epigea, fanerocotilar y cotiledones opuestos, de reserva, forma circular, protófilas paripinnadas, presencia de estípulas, 10 folíolos de forma elíptica, base redondeada, ápice mucronado, margen entero, hipocótilo corto apenas distinguibles, epicótilo cilíndrico de color verde con presencia de estípulas (Figura 14).

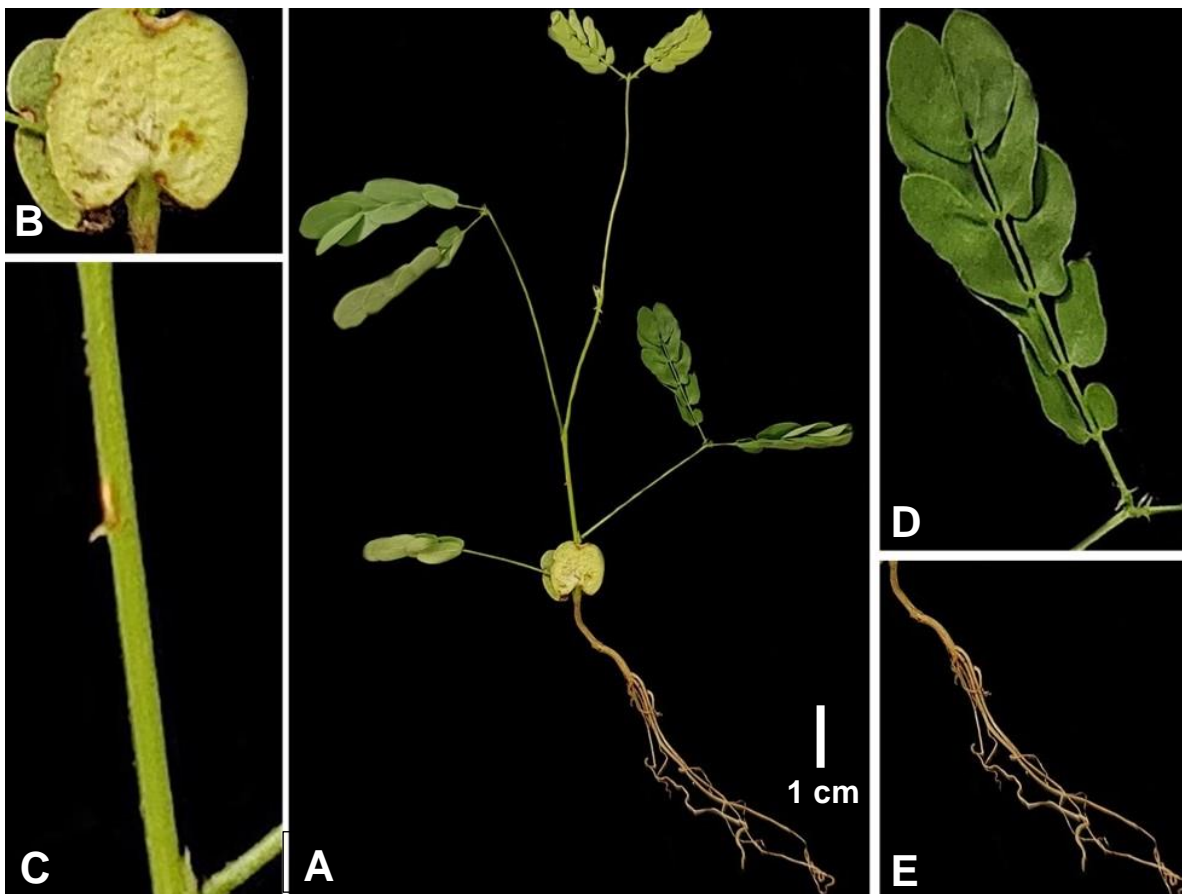


Figura 14. *Mimosa polyantha*. A) Morfología de la plántula, B) cotiledones, C) epicótilo, D) protófilas y E) radícula, en Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia Fabaceae

Género: *Senna*

Germinación epigea, fanerocotilar con cotiledones de reserva, radícula axonomorfa, hipocótilo y epicótilo cilíndrico, color verde claro, cotiledones opuestos con forma ovada, protófilas compuestas, opuestas, pecioladas, de forma elíptica, base obtusa, ápice redondeado, margen entero (Figura 15).

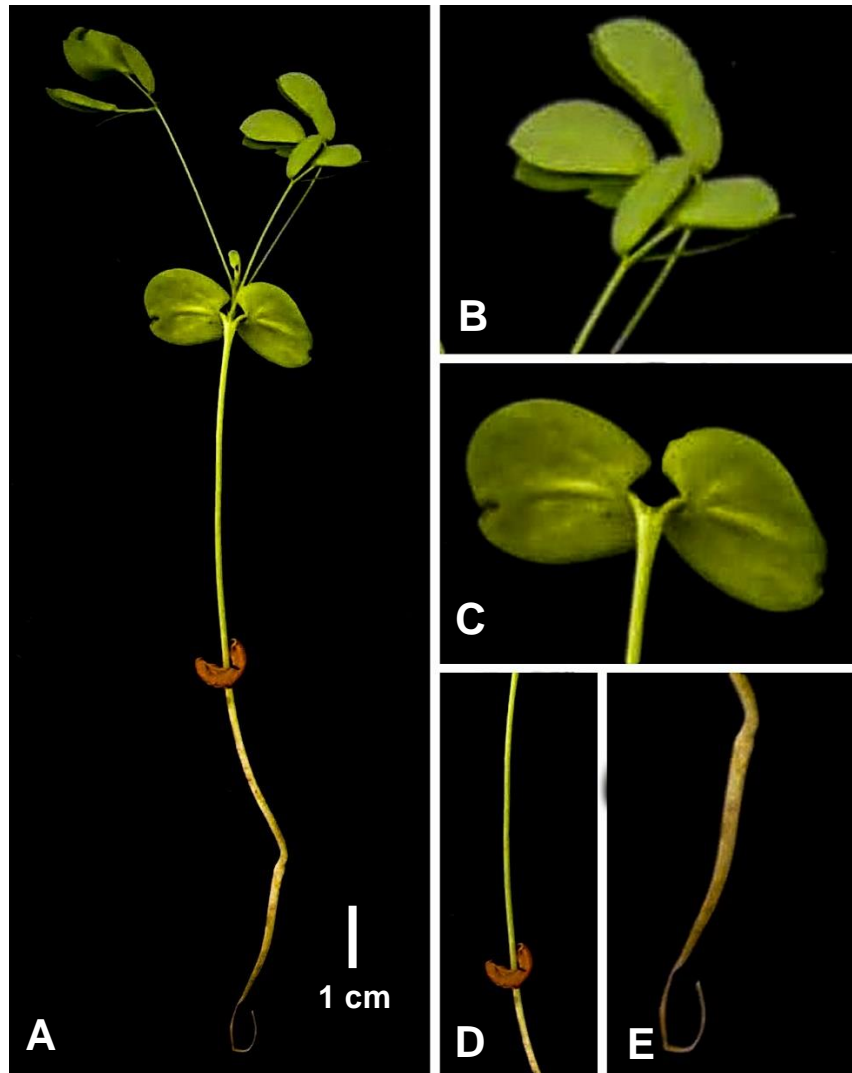


Figura 15. *Senna* sp. A) Morfología de la plántula, B) protófila, C) cotiledones, D) hipocótilo y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia Malpighiaceae

Género: *Bunchosia*

Especie: *B. palmeri*

Germinación epigea, criptocotilar, cotiledones de reserva, hipocótilo corto de color amarillo, epicótilo cilíndrico de color verde con presencia de tricomas simples, protófilas simples, opuestas, pecioladas, forma ovalada, base y ápice redondeados, margen entero, presencia de tricomas simples, nomófila simple, opuestas, pecioladas, forma ovalada, base y ápice redondeados, margen entero, tricomas simples (Figura 16).

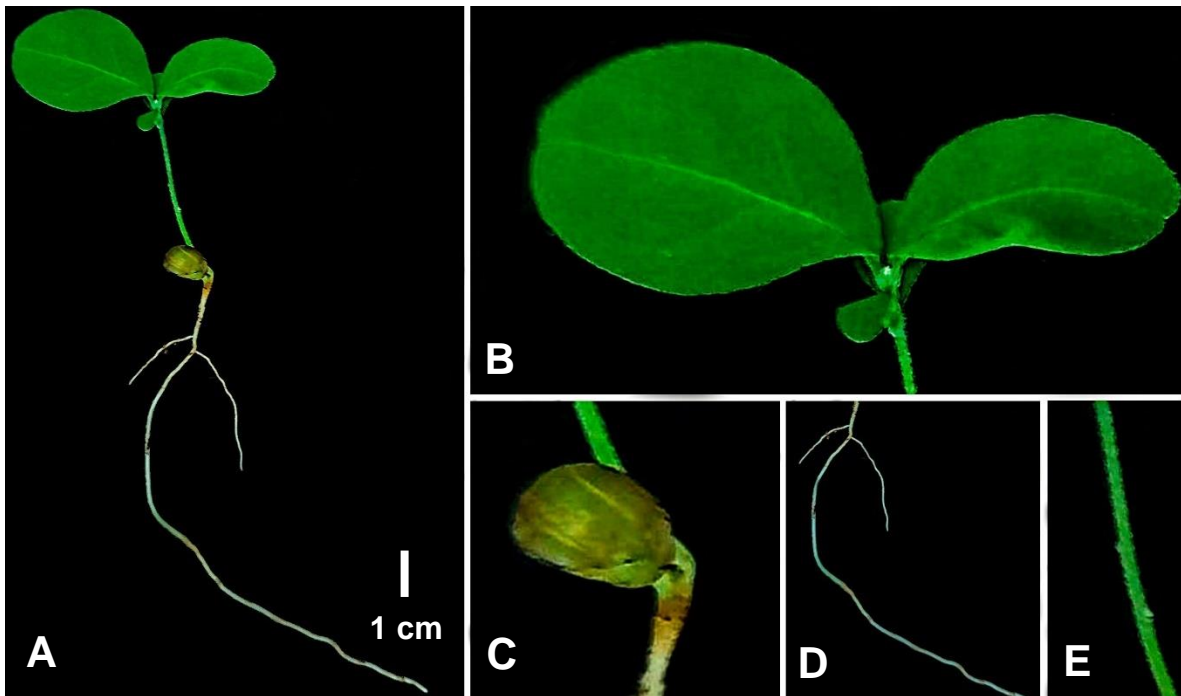


Figura 16. *Bunchosia palmeri*. A) Morfología de la plántula B) protófila, C) cotiledones, D) radícula y E) hipocótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia Malvaceae

Género: *Ceiba*

Especie: *C. aesculifolia*

Germinación epigea, fanerocotilar con cotiledones foliáceos, opuestos, de forma triangular, ápice redondeado y base curvada, radícula engrosada, axonomorfa, hipocótilo y epicótilo cilíndricos de color verde con agujones, protófilas opuestas compuestas por tres folíolos sésiles de forma ovada, base aguda, ápice redondeado (Figura 17).

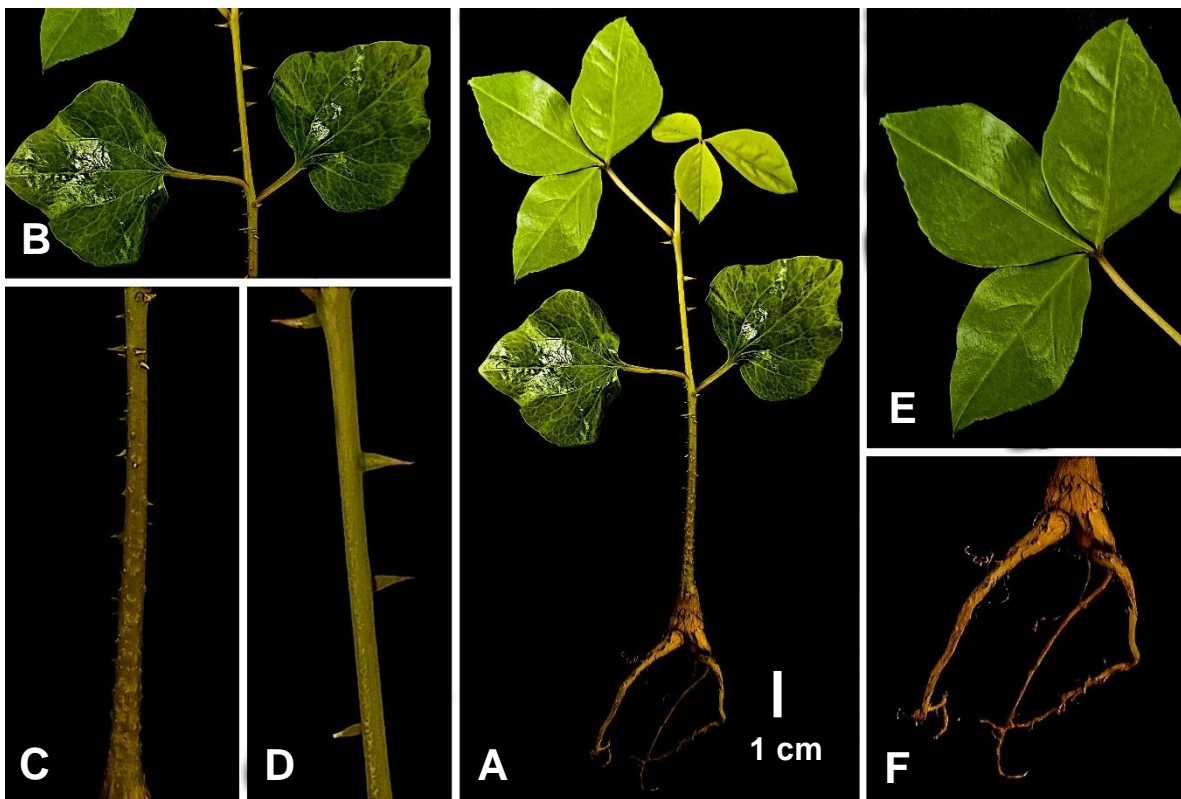


Figura 17. *Ceiba aesculifolia*. A) Morfología general de la plántula A) B) cotiledones, C) hipocótilo, D) epicótilo, E) protófilas y F) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Sapindaceae

Género: *Cardiospermum*

Germinación epigea, criptocotilar con cotiledones de reserva, radícula axonomorfa, hipocótilo corto apenas se logra distinguir y epicótilo cilíndrico de color verde amarillo, protófilas trifoliadas de forma ovada, base y ápice agudo, con margen dentado (Figura 18).

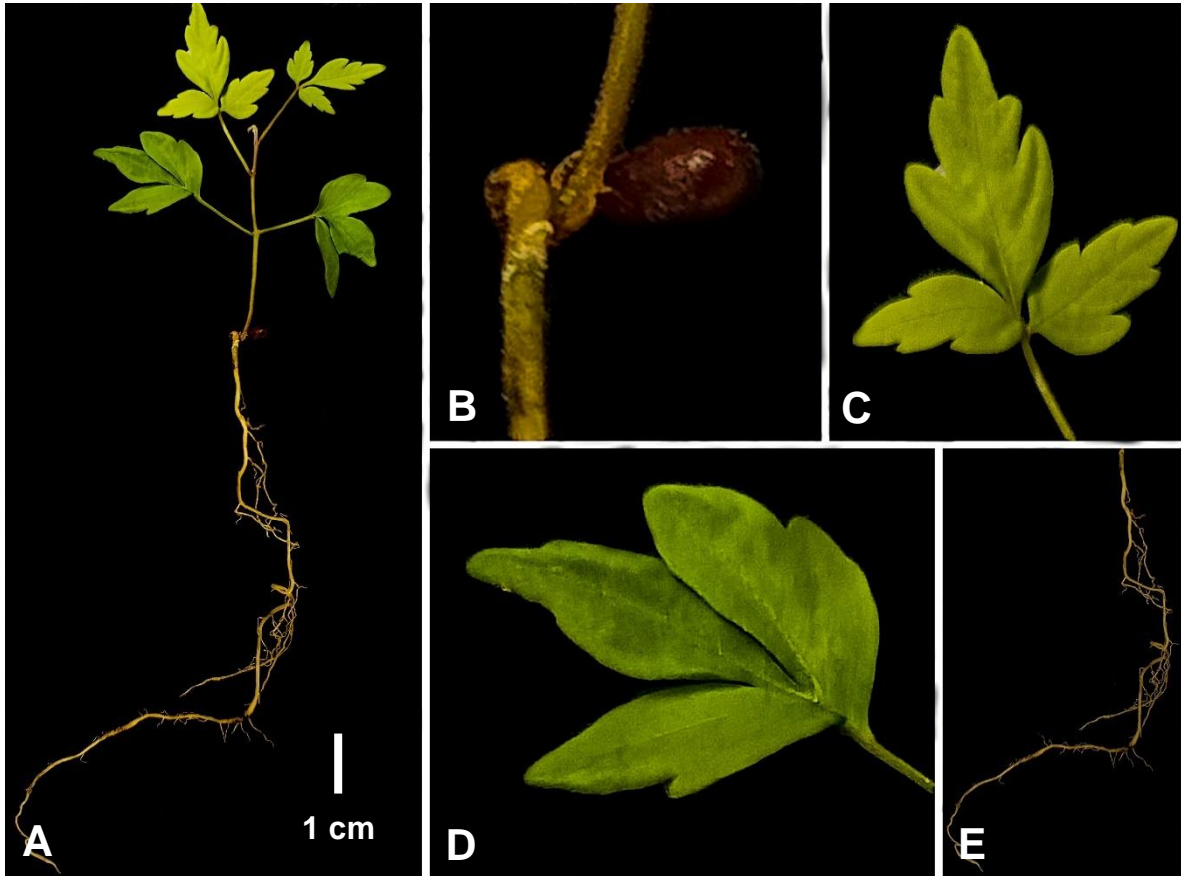


Figura 18. *Cardiospermum* sp. A) Morfología de la plántula, B) cotiledones, C) nomófila D) protófila y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Morfotipo 1

Germinación epigea, fanerocotilar con cotiledones foliáceos, radícula axonomorfa, hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde amarillo, presencia de tricomas simples, forma de los cotiledones abovados, ápice mucronado, protófilas simples pecioladas, forma palmatilobado con tricomas simples (Figura 19).

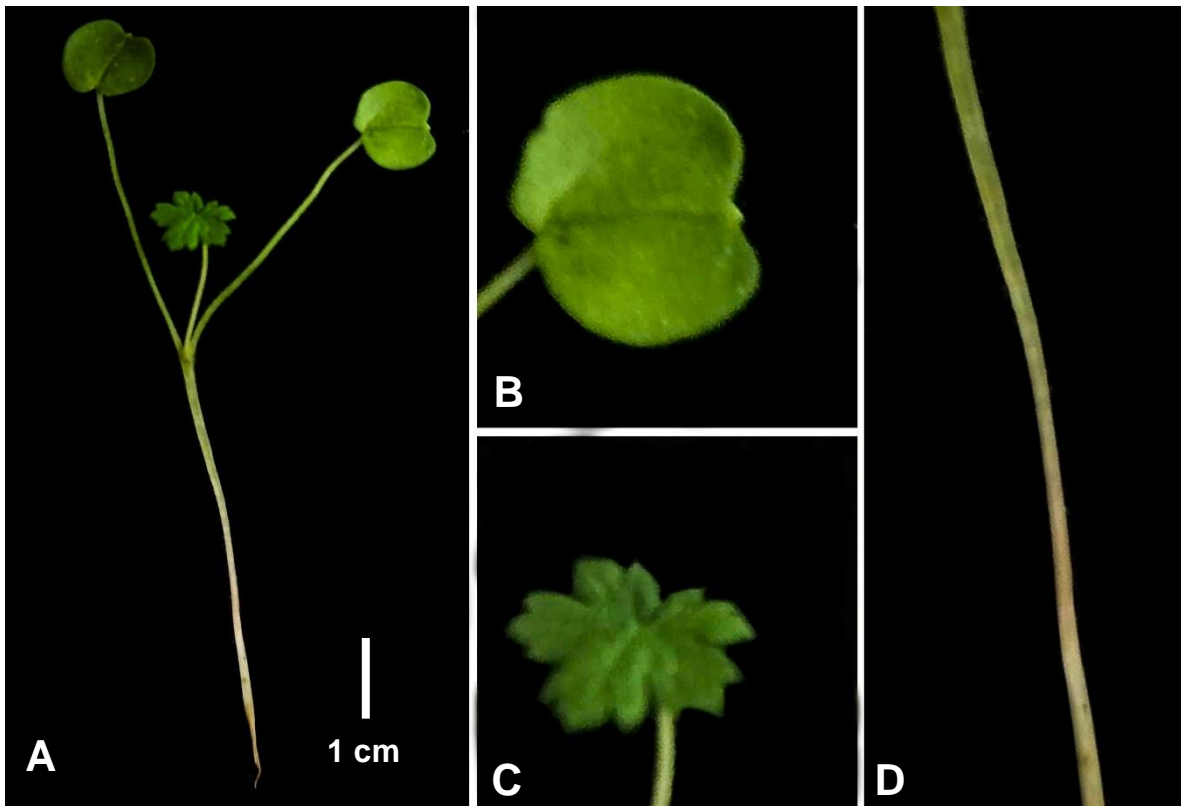


Figura 19. Morfotipo 1. A) Morfología general de la plántula A, B) cotiledones, C) protófilas y D) hipocótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Morfotipo 2

Germinación epigea, fanerocotilar con cotiledones foliáceos, opuestos, de forma elíptica con base y ápice redondeados, radícula axonomorfa, hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde amarillo, protófilas simples, pecioladas, forma ovada, base aguda, ápice apiculado (Figura 20).

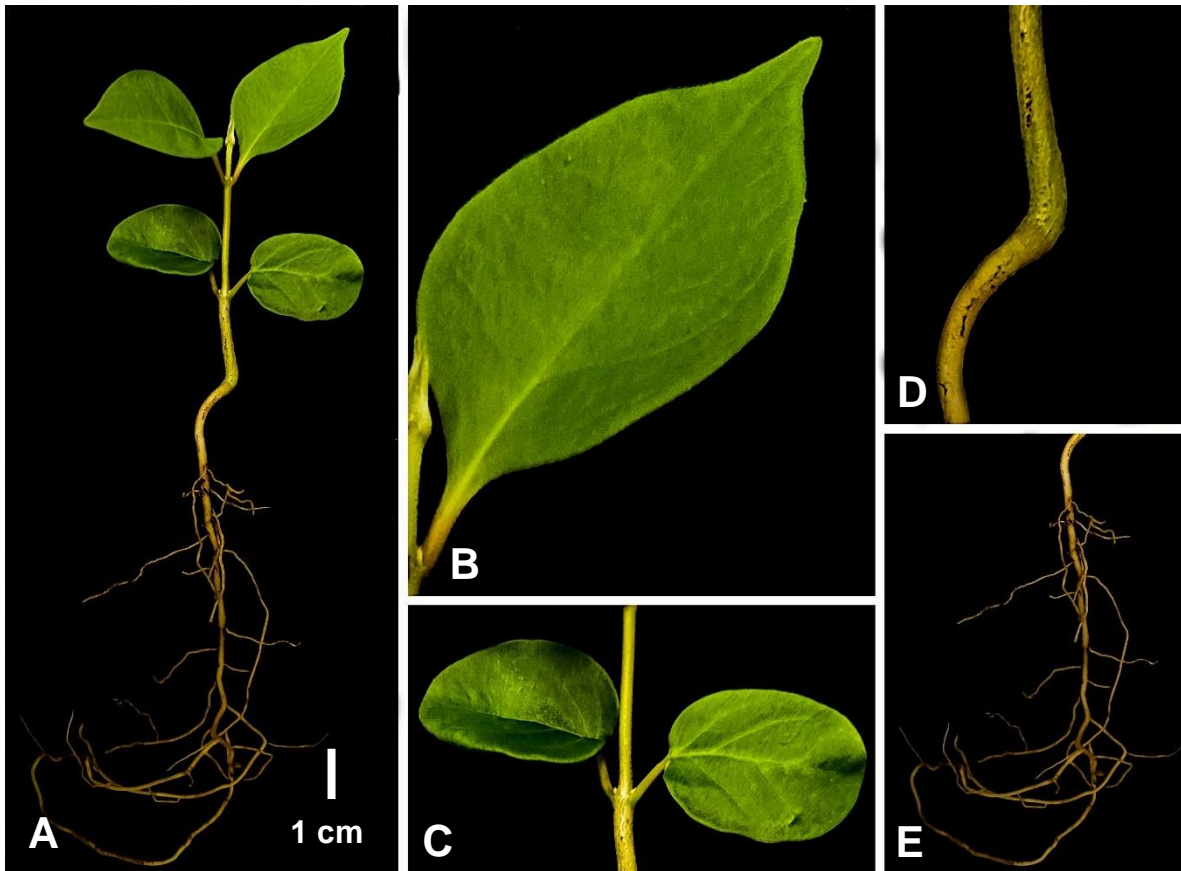


Figura 20. Morfología A) Morfotipo 2, B) protófila, C) cotiledones, D) hipocótilo y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

XI. Plántulas recolectadas

Se reconocieron 21 morfotipos de plántulas, en los nueve transectos que se trabajaron (Cuadro 14), de los cuales nueve de éstas se determinaron a nivel de especie (*Bursera glabrifolia* Engl., *Bursera longipes* Standl., *Bursera aptera* Ramirez, *Bursera morelensis* Ramirez, *Rhynchosia discolor* Mart. & Galeotti, *Ipomoea arborescens* Sweet, *Ipomoea hederifolia* L., *Ipomoea corymbosa* (L.) Roth ex Roem. & Schult, *Vachellia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger). Cinco a nivel de género (*Ipomoea* L., *Euphorbia* L., *Cnidoscolus* Pohl, *Caesalpinia* L. *Desmanthus* Willd), uno a nivel de familia (Fabaceae) y seis morfotipos. Se registraron cuatro familias, de las cuales Fabaceae presentó más especies (cinco), seguido de Burseraceae y Convolvulaceae, cada una con cuatro especies; y por último, Euphorbiaceae con dos especies. Se presentaron dos tipos de germinación, el tipo fanerocotilar epigeo con cotiledones foliáceos (PEF), fue el más común, con 13 especies, y el fanerocotilar epigeo, con cotiledones de reserva (PER), con ocho especies.

El sitio que registró más especies fue el S1 con 17, seguido del S3 con 10, y el S2 fue el que presentó menos especies, seis. Las especies que se presentaron en los tres sitios fueron *I. arborescens* y *Desmanthus* sp. (Cuadro 5). A continuación, se describen las 21 especies registradas en los nueve transectos estudiados.

Cuadro 5. Plántulas obtenidas en los tres sitios de Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

Familia	Especie	Presencia en los sitios
Burseraceae	<i>B. glabrifolia</i>	1 y 3
	<i>B. longipes</i>	1 y 3
	<i>B. aptera</i>	1
	<i>B. morelensis</i>	3
Convolvulaceae	<i>I. arborescens</i>	1, 2 y 3
	<i>I. hederifolia</i>	1
	<i>I. corymbosa</i>	3
	<i>Ipomoea</i> sp.	1
Fabaceae	<i>R. discolor</i>	1

	<i>V. pennatula</i>	2
	<i>Caesalpineia</i> sp.	3
	<i>Desmanthus</i> sp.	1, 2 y 3
	Fabaceae	1 y 3
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> sp.	1 y 2
	<i>Cnidocolus</i> sp.	1
	Morfotipo 3	1 y 3
	Morfotipo 4	1
	Morfotipo 5	1
	Morfotipo 6	1 y 3
	Morfotipo 7	1 y 2
	Morfotipo 8	1 y 2

Familia: Burseraceae

Género: *Bursera*

Especie: *B. glabrifolia*

Germinación epigea, fanerocotilar, con cotiledones foliáceos, opuestos trilobados, subsésiles de margen entero, hipocótilo cilíndrico delgado con tricomas simples, epicótilo corto con tricomas simples, protófilas opuestas trifoliadas de forma ovada, ápice caudado, base atenuado, margen aserrado, tricomas simples y glandulares, radícula axonomorfa (Figura 21).

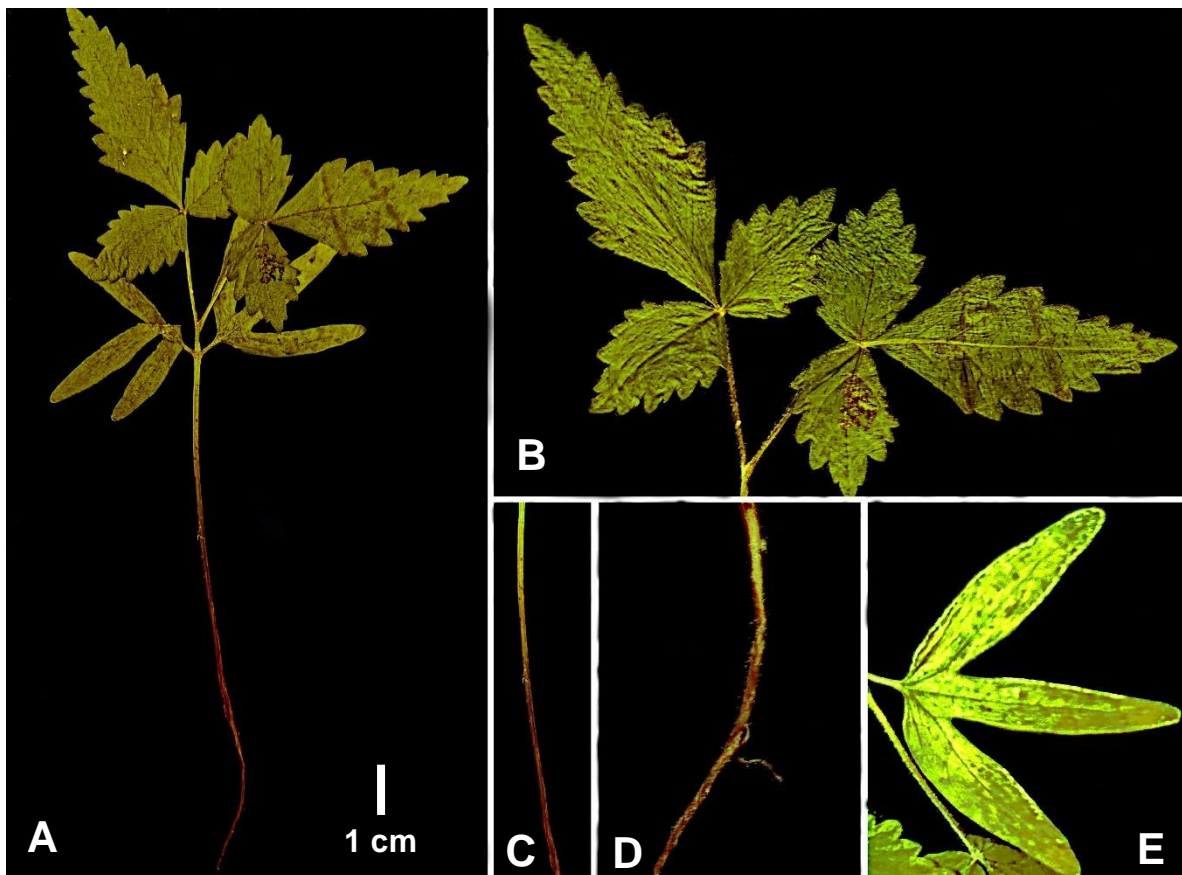


Figura 21. Morfología de la plántula A) *Bursera glabrifolia*, B) protófilas, C) hipocótilo, D) radícula y E) cotiledón trilobado, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Burseraceae

Género: *Bursera*

Especie: *B. longipes*

Germinación epigea, fanerocotilar, con cotiledones foliáceos, opuestos, trilobados, de margen entero, hipocótilo cuadrado, tricomas simples, epicótilo corto, tricomas simples, protófilas opuestas, ovadas, ápice caudado, base atenuada, margen entero y radícula axonomorfa (Figura 22).

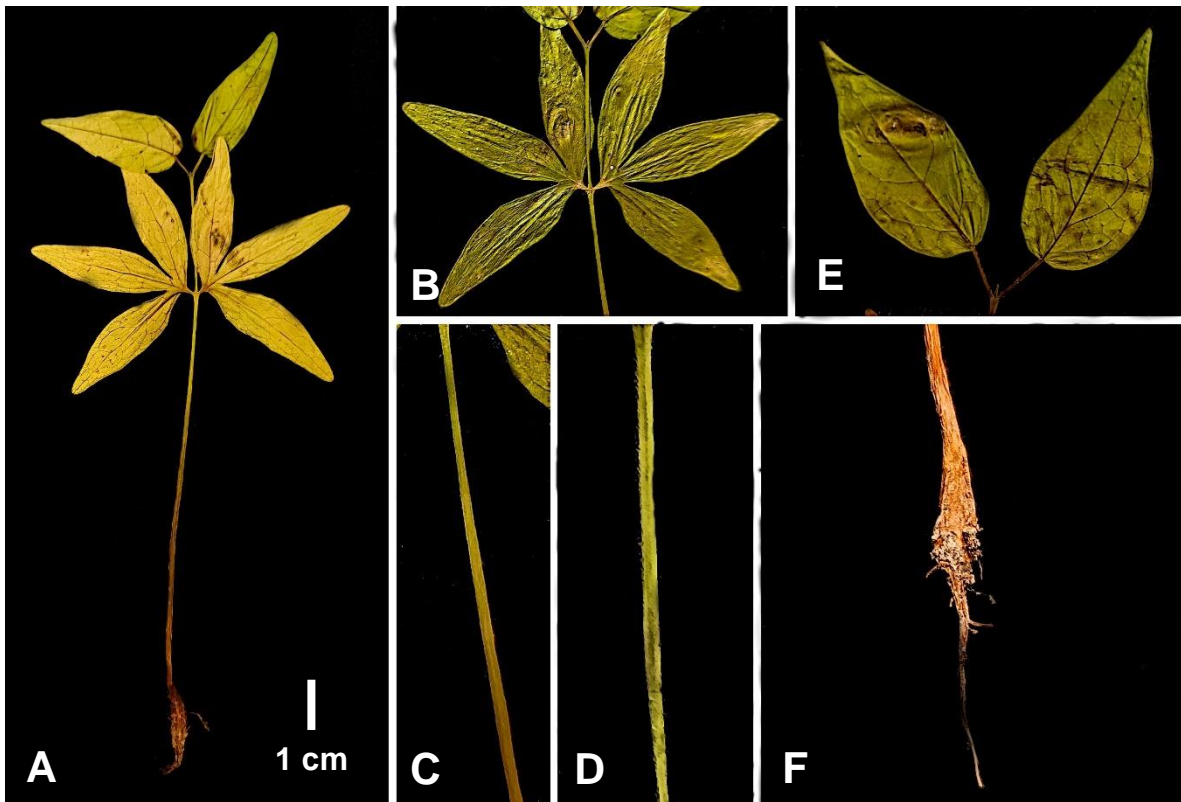


Figura 22. Morfología de la plántula A) *Bursera longipes*, B) cotiledones trilobados, C) hipocótilo, D) epicótilo, E) protófila y F) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Burseraceae

Género: *Bursera*

Especie: *B. aptera*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, multilobada, hipocótilo y epicótilo cilíndrico, delgado, protófilas opuestas, compuestas, trifolioladas, de forma ovada, base y ápice redondeados, margen aserrado, radícula axonomorfa con engrosamiento (Figura 23).

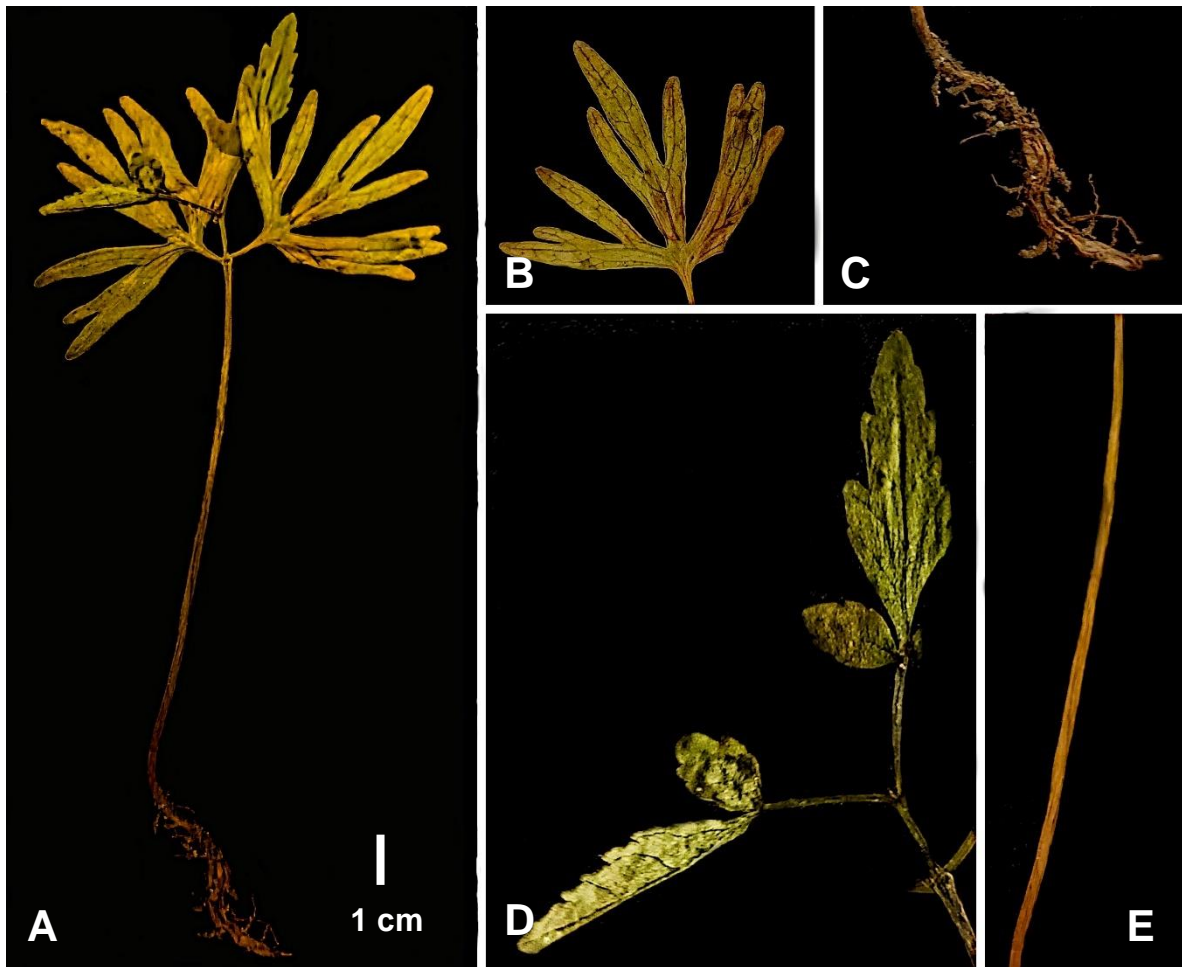


Figura 23. Morfología de la plántula A) *Bursera aptera*, B) cotiledones multilobados, C) radícula, D) protófila y E) hipocótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Burseraceae

Género: *Bursera*

Especie: *B. morelensis*

Germinación epigea, fanerocotilar, con cotiledones foliáceos, opuestos, en forma multilobada, hipocótilo cilíndrico y epicótilo cilíndrico corto, con tricomas simples, protófilas compuestas de ocho foliolos, radícula axonomorfa (Figura 24).



Figura 24. Morfología de la plántula A) *Bursera morelensis*, B) cotiledones multilobados, C) radícula, D) protófila y E) hipocótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Convolvulaceae

Género: *Ipomoea*

Especie: *I. arborescens*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, opuestos, de forma bilobulada, margen entero, hipocótilo y epicótilo cilíndricos de color verde amarillo, protófilas opuestas, pecioladas, forma de la hoja ovada, base redondeada, ápice atenuado, margen entero, nomófila opuesta, peciolada, base redondeada, ápice atenuado, margen entero (Figura 25).

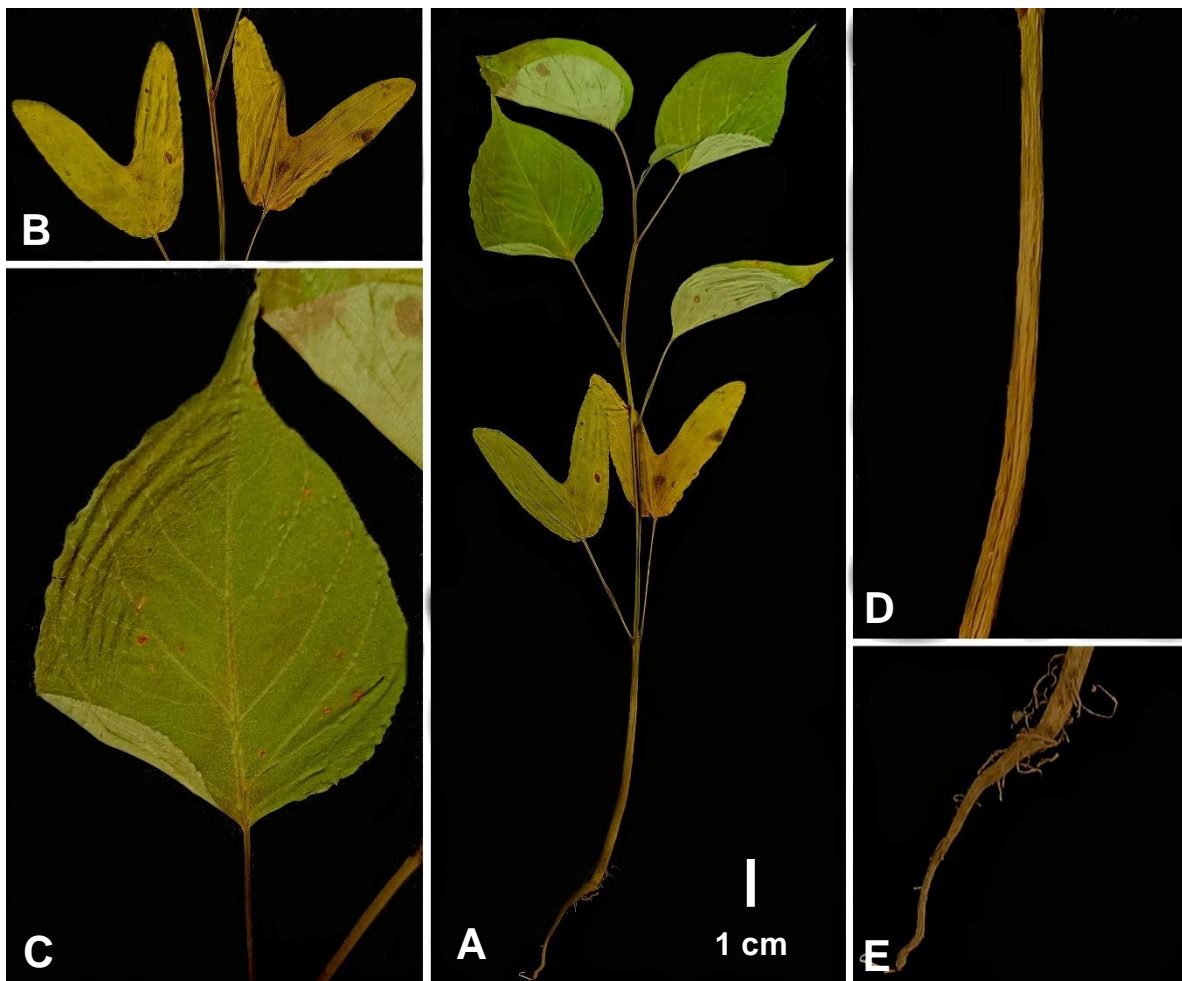


Figura 25. Morfología de la plántula A) *Ipomoea arborescens*, B) cotiledones, C) protófila, D) hipocótilo y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Convolvulaceae

Género: *Ipomoea*

Especie: *I. hederifolia*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, opuestos, peciolados, de forma bilobulada, margen entero, hipocótilo cilíndrico delgado, epicótilo cilíndrico, con tricomas simples, protófila simple, alterna, forma hastiforme, margen entero con tricomas simples en haz y envés, nomófila simple, alterna, forma hastiforme, margen entero, con tricomas simples en haz y envés, radícula axonomorfa (Figura 26).

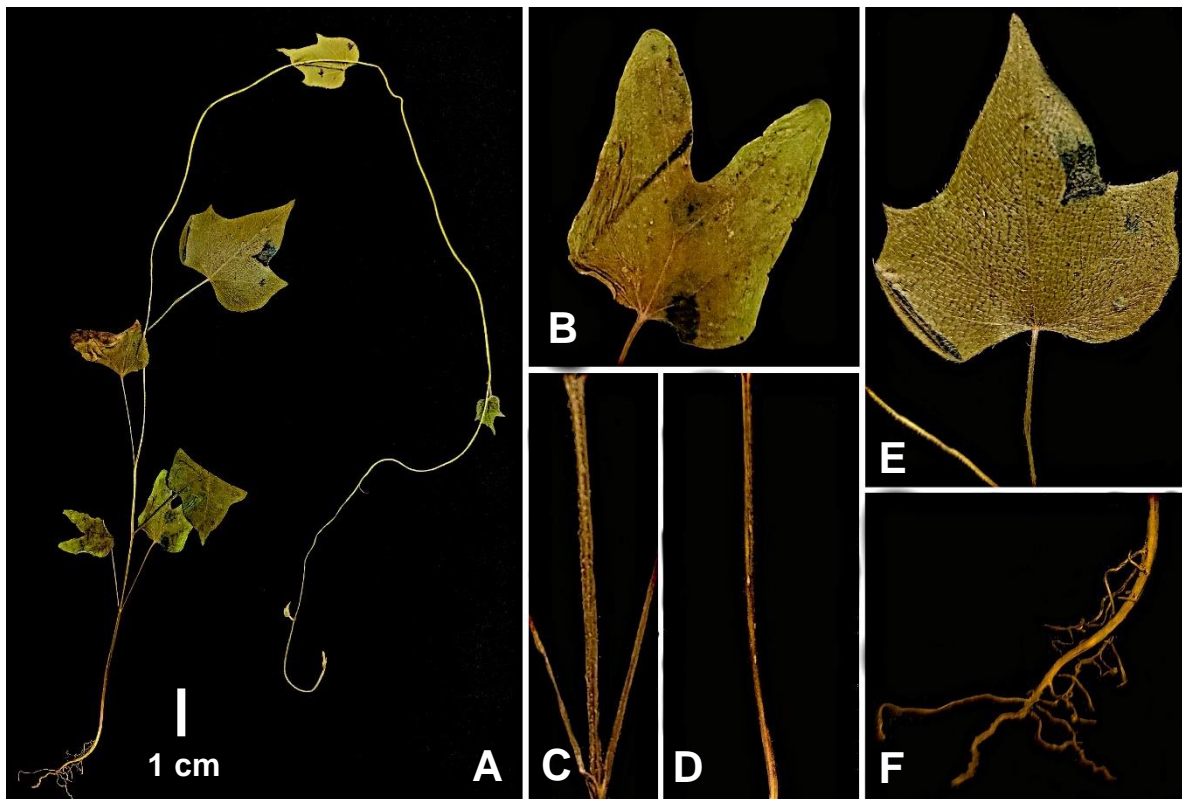


Figura 26. Morfología de la plántula A) *Ipomoea hederifolia*, B) cotiledones, C) epicótilo, D) hipocótilo, E) protófila y D) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Convolvulaceae

Género: *Ipomoea*

Especie: *I. corymbosa*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, opuestos, peciolados, de forma bilobulada, margen entero, con tricomas simples en el envés, hipocótilo cilíndrico, delgado, epicótilo cilíndrico, con tricomas simples, protófila simple, alterna, forma ovada, base cordada, ápice acuminado, margen entero, con tricomas simples en el envés, nomófila simple, alterna, forma ovada, margen entero, con tricomas simples en el envés, radícula axonomorfa (Figura 27).

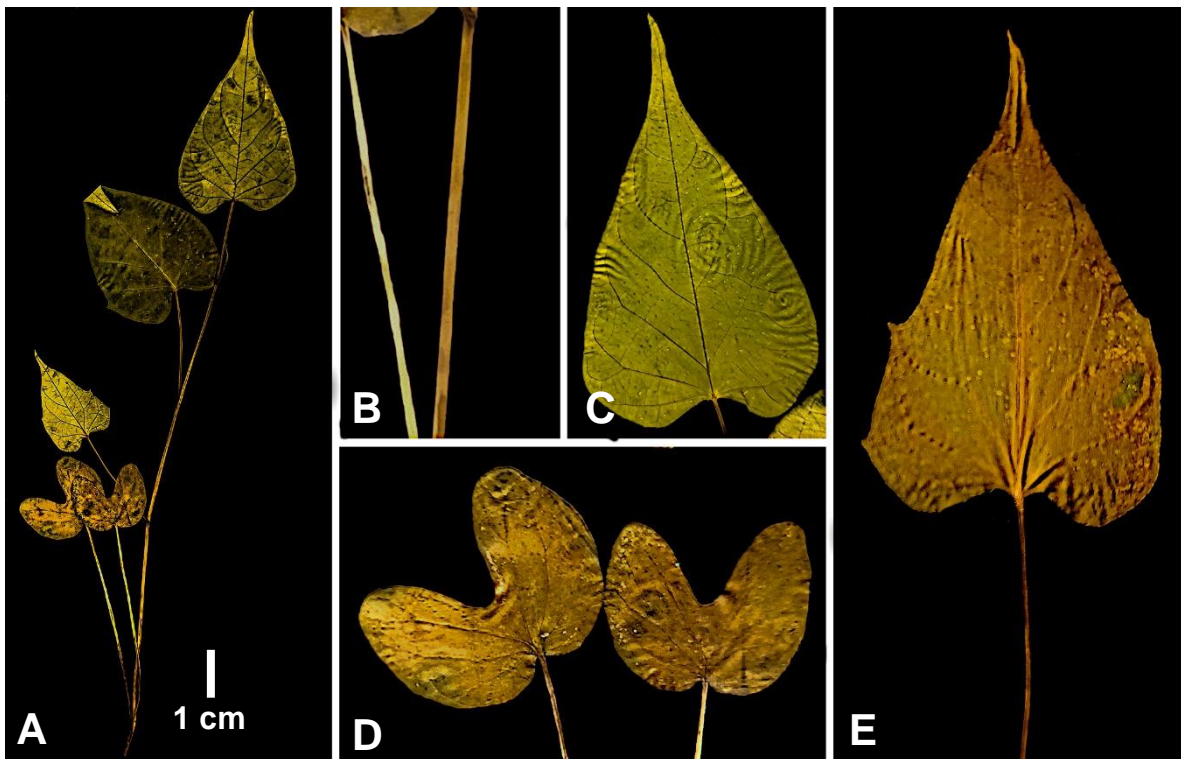


Figura 27. Morfología de la plántula A) *Ipomoea corymbosa*, B) epicótilo, C) protófila, D) cotiledones y E) nomófila, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Fabaceae

Género: *Rhynchosia*

Especie: *R. discolor*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, opuestos, de forma ovada, ápice agudo, base lobulada, hipocótilo y epicótilo cilíndricos, con escasos tricomas simples, protófila compuesta, con tres folíolos de forma ovada, ápice agudo, base truncada, margen entero, radícula axonomorfa (Figura 28).

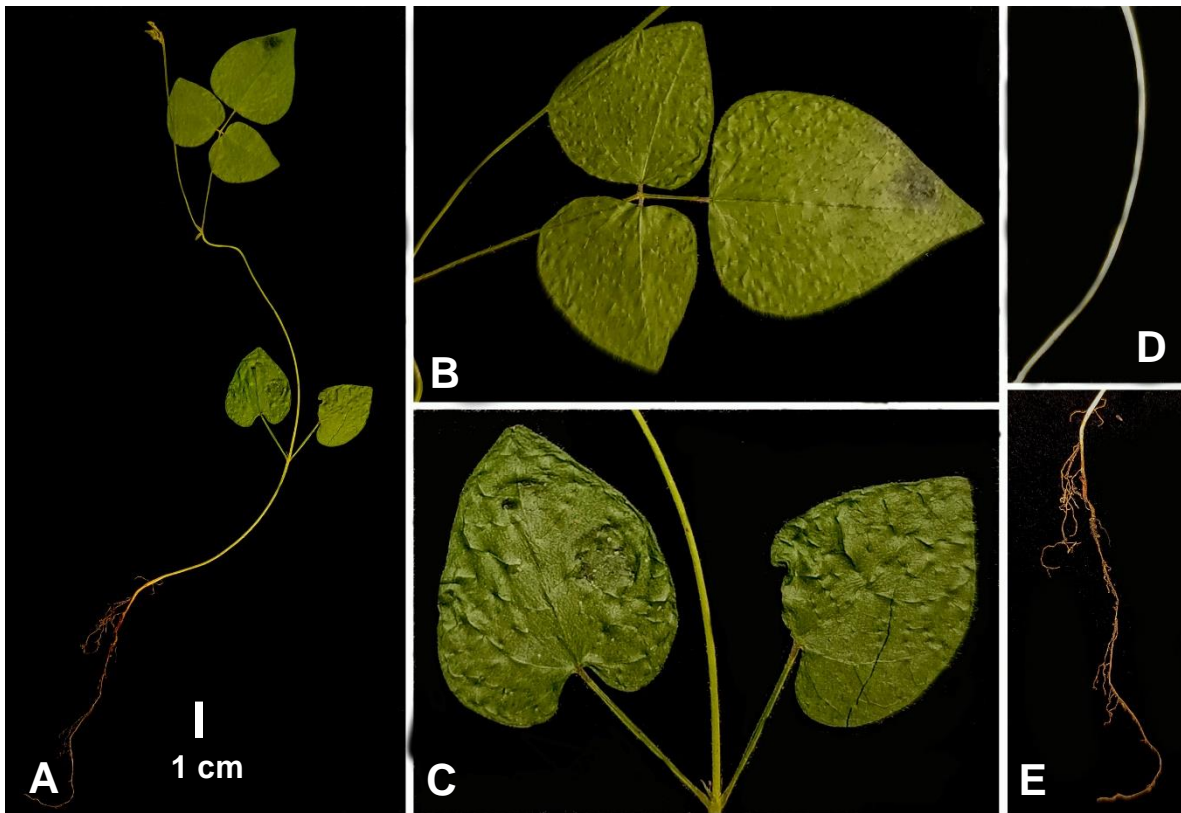


Figura 28. Morfología de la plántula A) *Rhynchosia discolor*, B) protófilas, C) cotiledones, D) hipocótilo y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Fabaceae

Género: *Vachellia*

Especie: *V. pennatula*

Epicótilo cilíndrico, con tricomas simples, protófilas alternas, con presencia de estipulas compuestas, pecioladas, folíolos de forma elíptica, ápice mucronado, base obtusa, margen entero, tricomas simples, radícula axonomorfa (Figura 29).

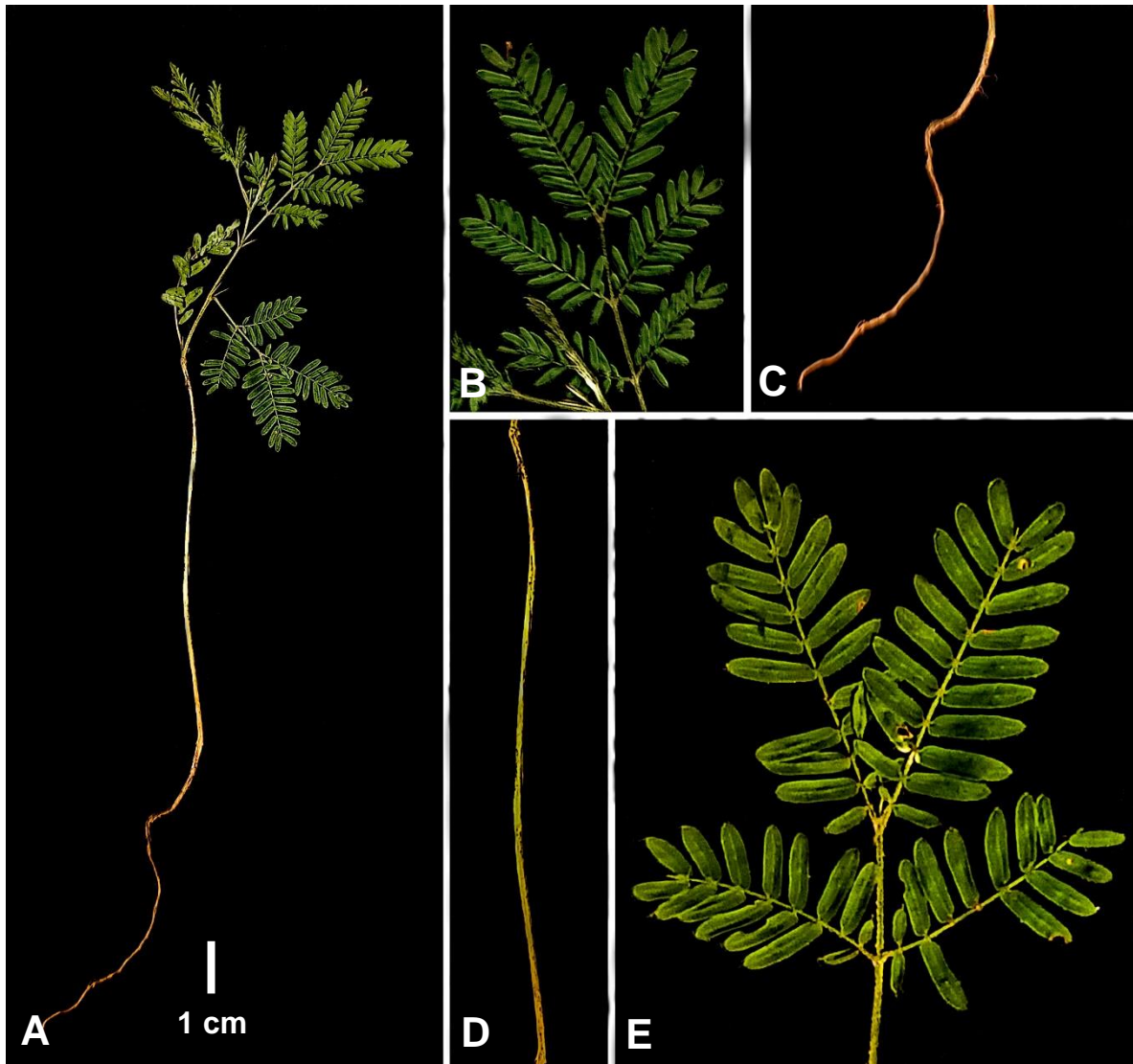


Figura 29. Morfología de la plántula A) *Vachellia pennatula*, B) nomófila, C) radícula D) hipocótilo y D) protófilas, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Convolvulaceae

Género: *Ipomoea*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos opuestos, de forma bilobulada, hipocótilo corto, epicótilo cilíndrico, delgado, con tricomas simples, protófilas simples, alternas, pecioladas, de forma ovada, ápice agudo, base truncada, margen entero, tricomas simples (Figura 30).

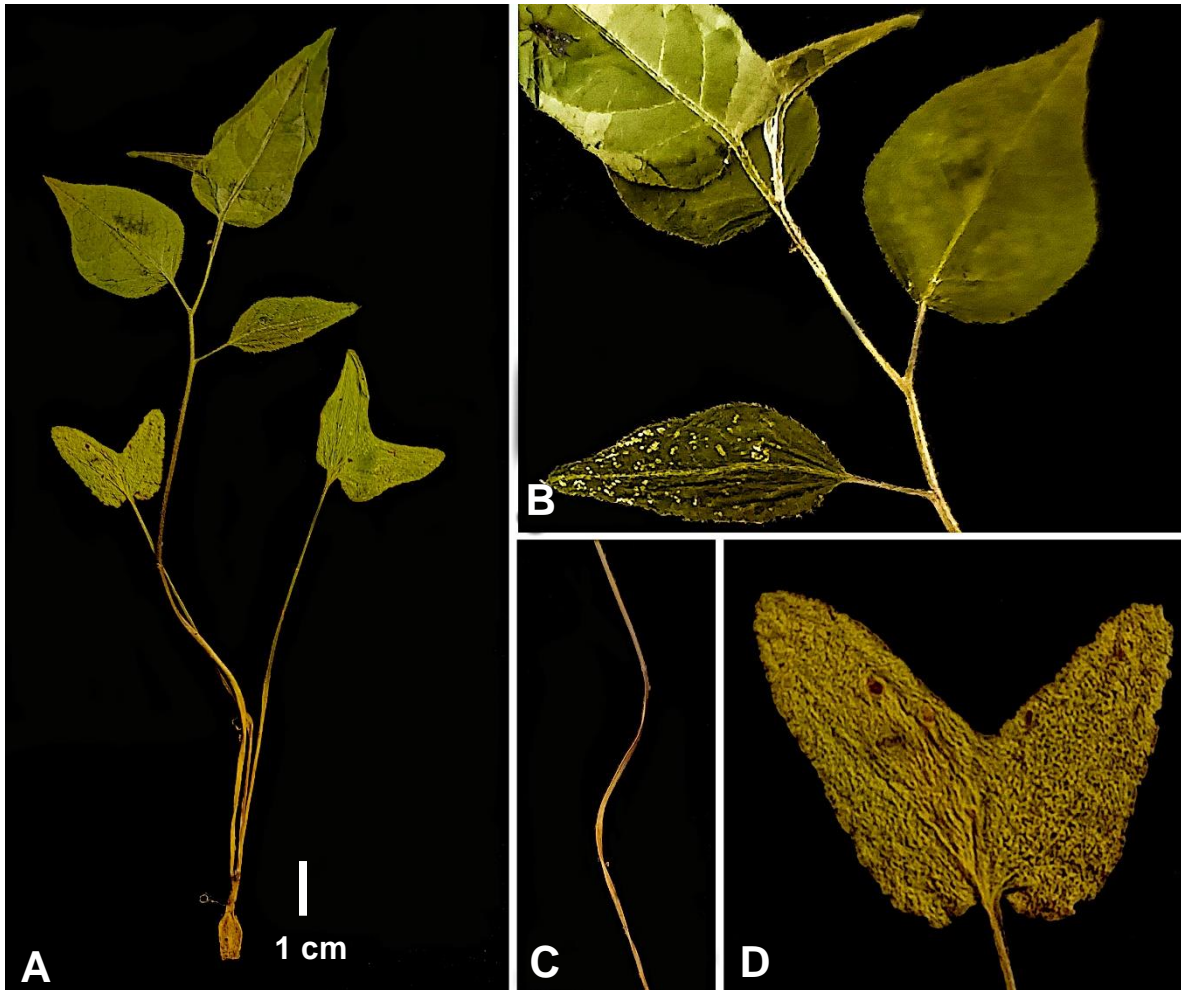


Figura 30. Morfología de la plántula A) *Ipomoea* sp., B) protófilas, C) epicótilo y D) cotiledón, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Euphorbia*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones de reserva opuestos, de forma oblonga, ápice y base truncados, hipocótilo con tricomas cortos, epicótilo cilíndrico, con abundantes tricomas simples, largos, protófilas opuestas simples, de forma ovada, ápice agudo, base redondeada, margen entero, tricomas simples en haz y envés, radícula axonomorfa (Figura 31).

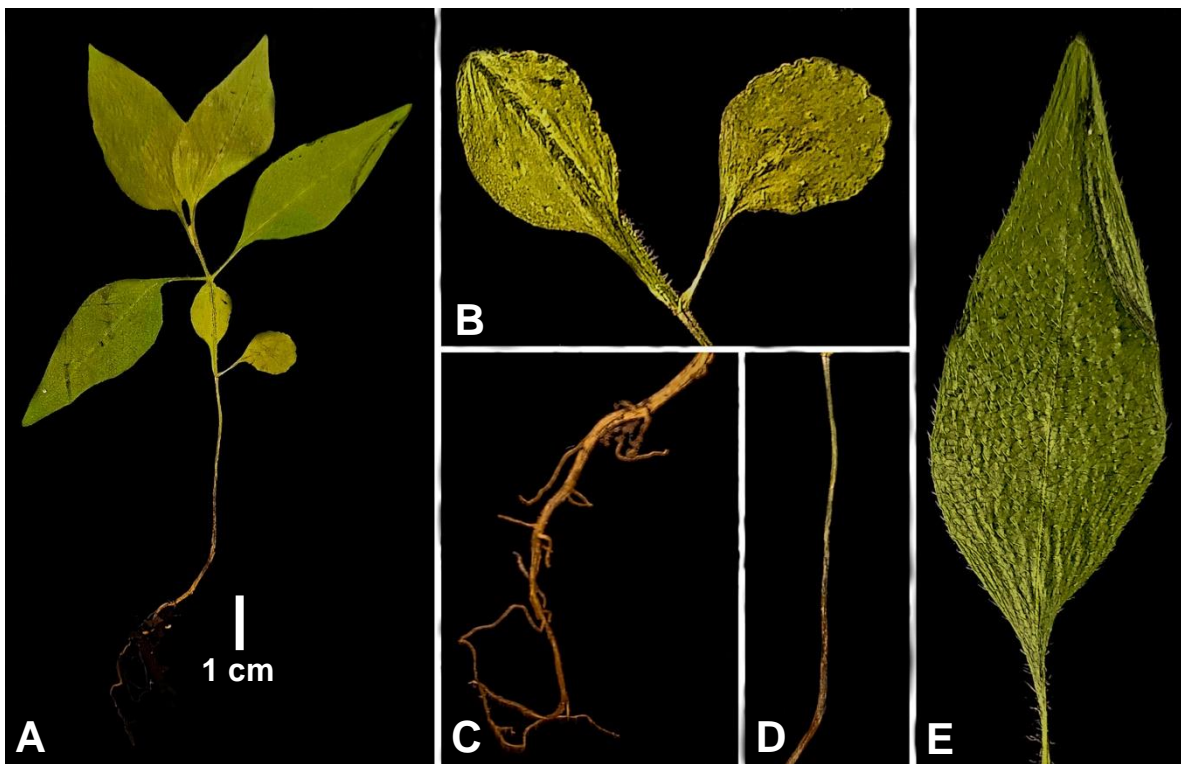


Figura 31. Morfología de la plántula A) *Euphorbia* sp., B) cotiledones, C) radícula, D) hipocótilo y E) protófila, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Cnidoscolus*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones de reserva opuestos, peciolados, de forma oblonga, con ápice y base truncados, tricomas en haz y escasos en envés, hipocótilo engrosado, cilíndrico, con presencia de tricomas urticantes, epicótilo delgado, cilíndrico, con tricomas urticantes, protófilas opuestas, simples, pecioladas, de forma ovada, ápice acuminado, base cordada, tricomas urticantes escasos, presencia de látex blanco, radícula axonomorfa (Figura 32).

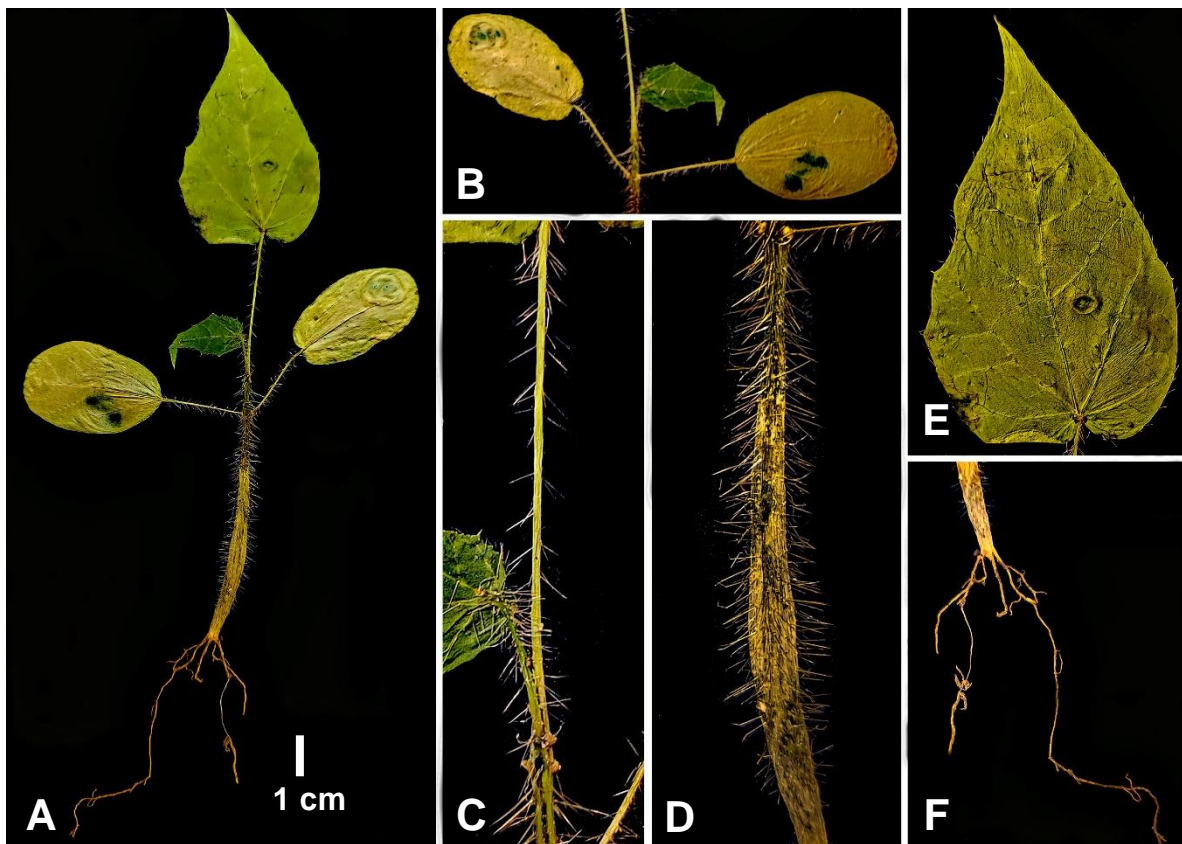


Figura 32. Morfología de la plántula A) *Cnidoscolus* sp., B) cotiledones, C) epicótilo, D) hipocótilo E) protófila y F) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Fabaceae

Género: *Caesalpinia*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones de reserva, opuestos, de forma oblonga, ápice y base truncados, margen entero, hipocótilo cilíndrico, epicótilo cilíndrico, con tricomas simples, protófilas alternas, compuestas pecioladas, 18-22 folíolos de forma elíptica, ápice mucronado, base obtusa, margen entero, nomófilas compuestas, pecioladas, forma elíptica, ápice mucronado, base obtusa, margen entero, radícula axonomorfa (Figura 33).

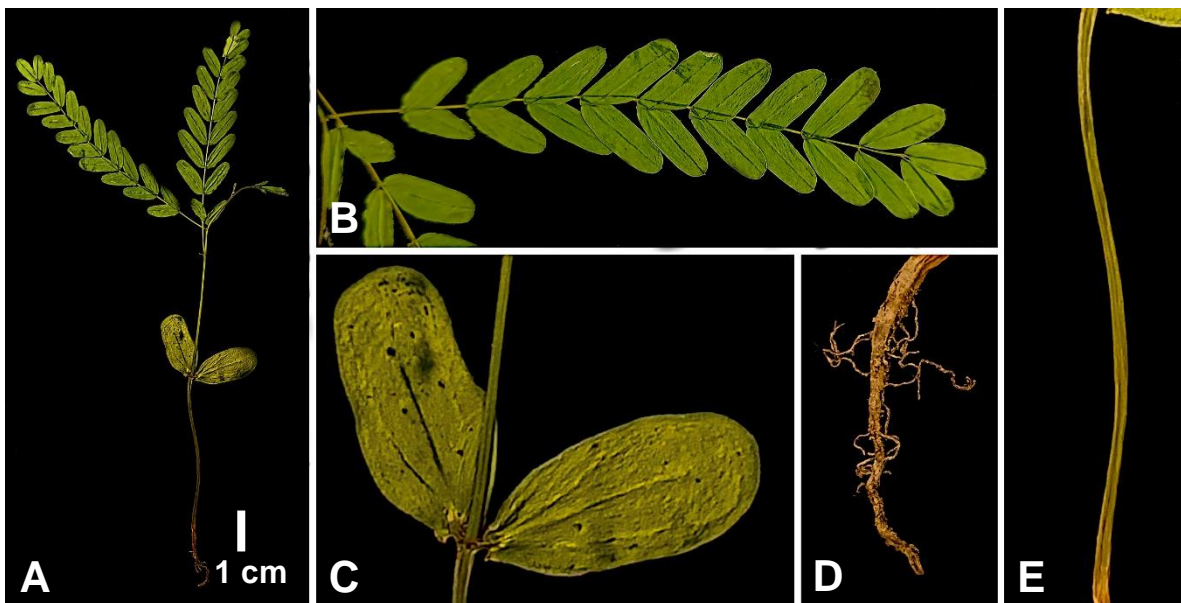


Figura 33. Morfología de la plántula A) *Caesalpinia* sp., B) protófilas, C) cotiledones, D) radícula y E) hipocótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Fabaceae

Género: *Desmanthus*

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones de reserva, opuestos, de forma elíptica, ápice y base truncados, hipocótilo cilíndrico, delgado, epicótilo cilíndrico delgado, con tricomas simples, protófila compuesta, cinco folíolos peciolados, de forma elíptica, ápice y base truncado, margen entero, tricomas en haz y envés, radícula axonomorfa (Figura 34).

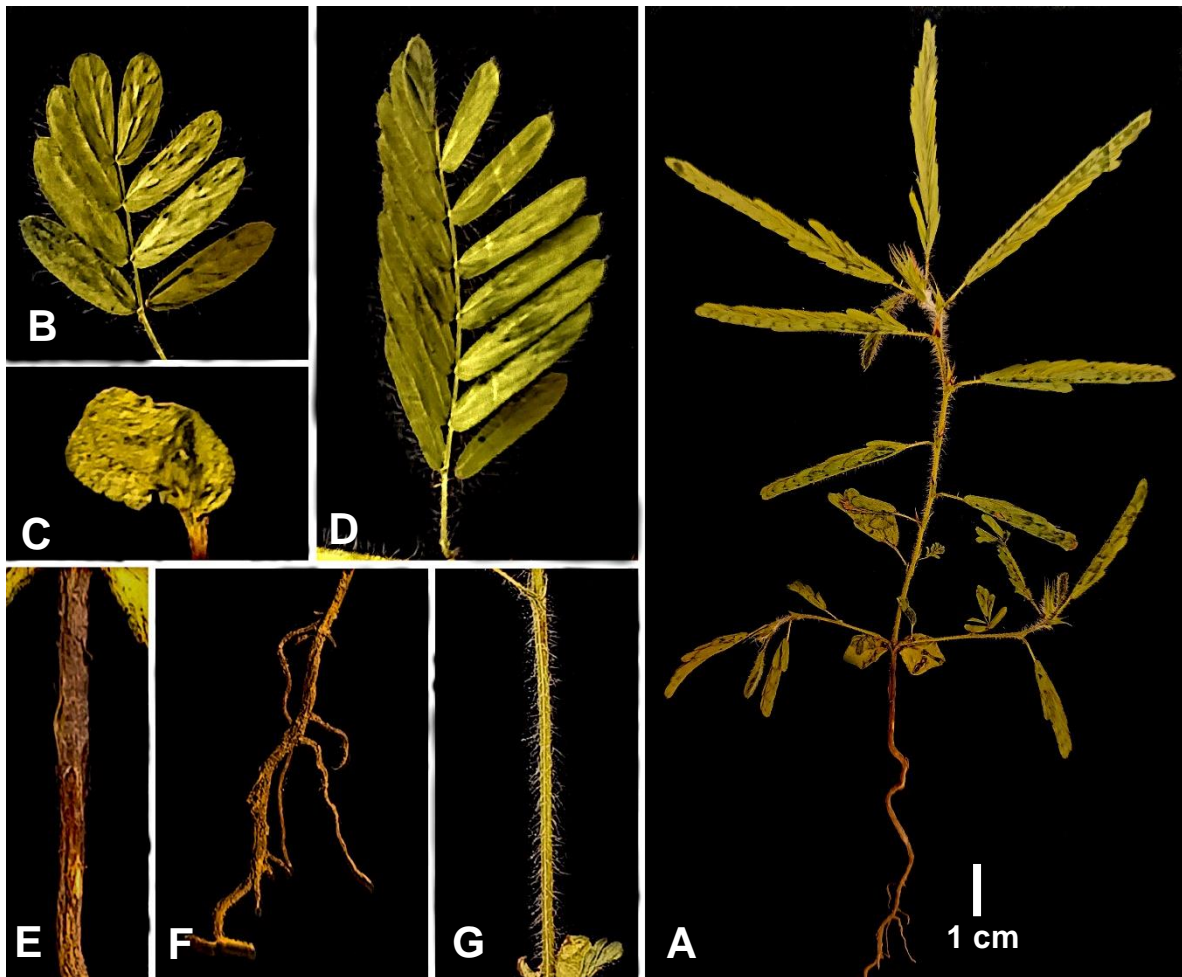


Figura 34. Morfología de la plántula A) *Desmanthus* sp., B) nomófilas, C) cotiledones, D) protófilas, E) hipocótilo, F) radícula y G) epicótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Familia: Fabaceae

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones de reserva, opuestos, de forma elíptica, ápice y base truncados, hipocótilo cilíndrico, delgado, epicótilo cilíndrico delgado, con tricomas simples, protófilas compuesta, cinco foliolos peciolados, de forma elíptica, ápice y base truncado, margen entero, tricomas en haz y envés, radícula axonomorfa (Figura 35).

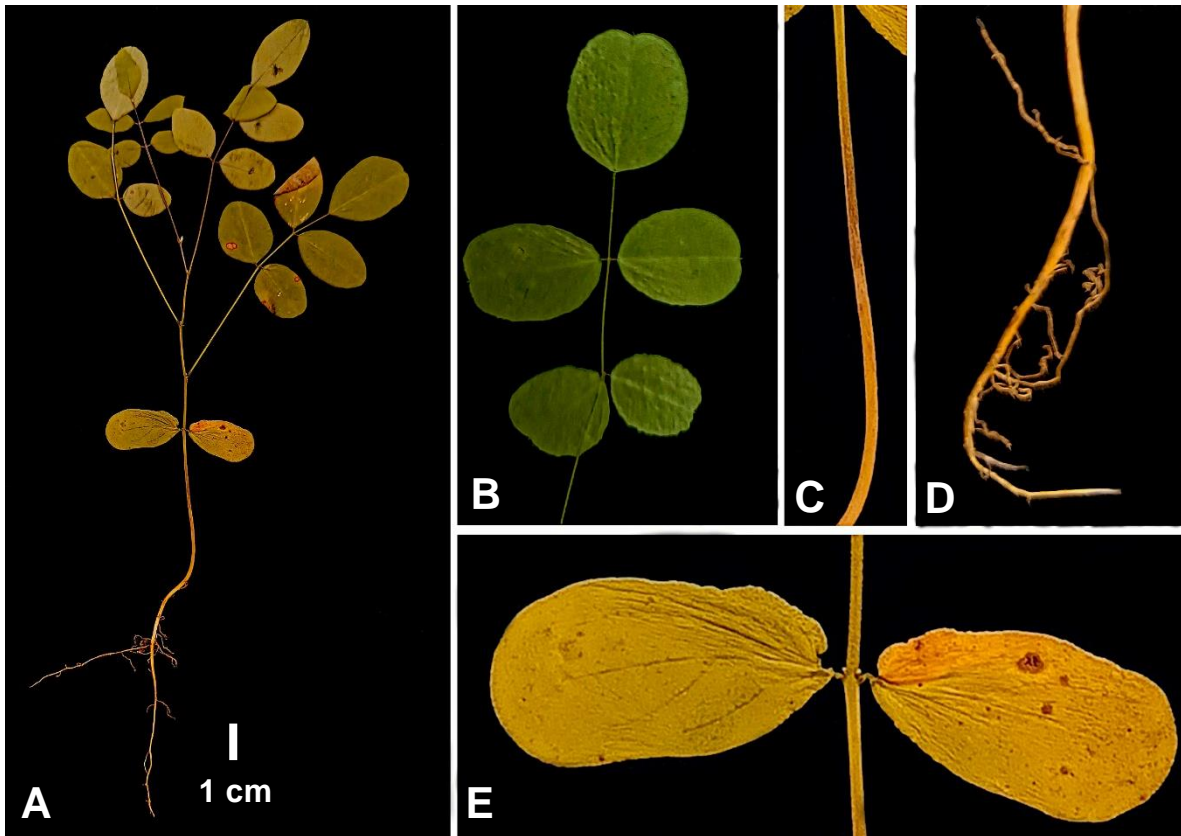


Figura 35. Morfología de la plántula A) Fabaceae B) protófilas, C) hipocótilo, D) radícula y E) cotiledones, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Morfotipo 3

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, opuestos, en forma abovada, ápice indentado, base redondeada, con escasos tricomas simples en haz y envés, hipocótilo delgado, con tricomas simples, epicótilo cilíndrico, con abundantes tricomas simples, protófilas opuestas, pecioladas, de forma ovada, ápice cuspidado, base redondeado, margen entero, tricomas simples en el envés, radícula axonomorfa (Figura 36).

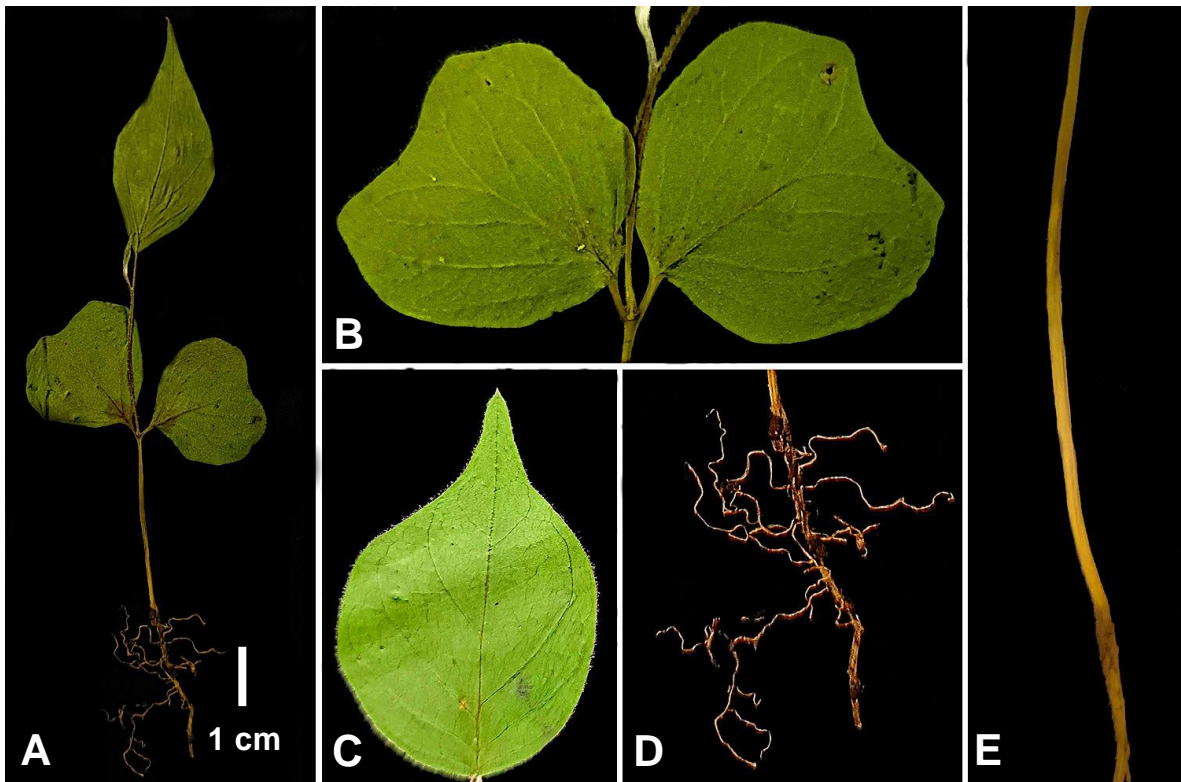


Figura 36. Morfología de la plántula A) Morfotipo 3, B) cotiledones, C) protófila, D) radícula y E) hipocótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Morfotipo 4

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, opuestos, de forma ovada, ápice agudo, base lobulada, hipocótilo y epicótilo cilíndrico, delgado, con tricomas simples, protófilas opuestas, pecioladas, de forma ovada, ápice cuspidado, base redondeado, margen entero, tricomas simples en el margen, radícula axonomorfa (Figura 37).

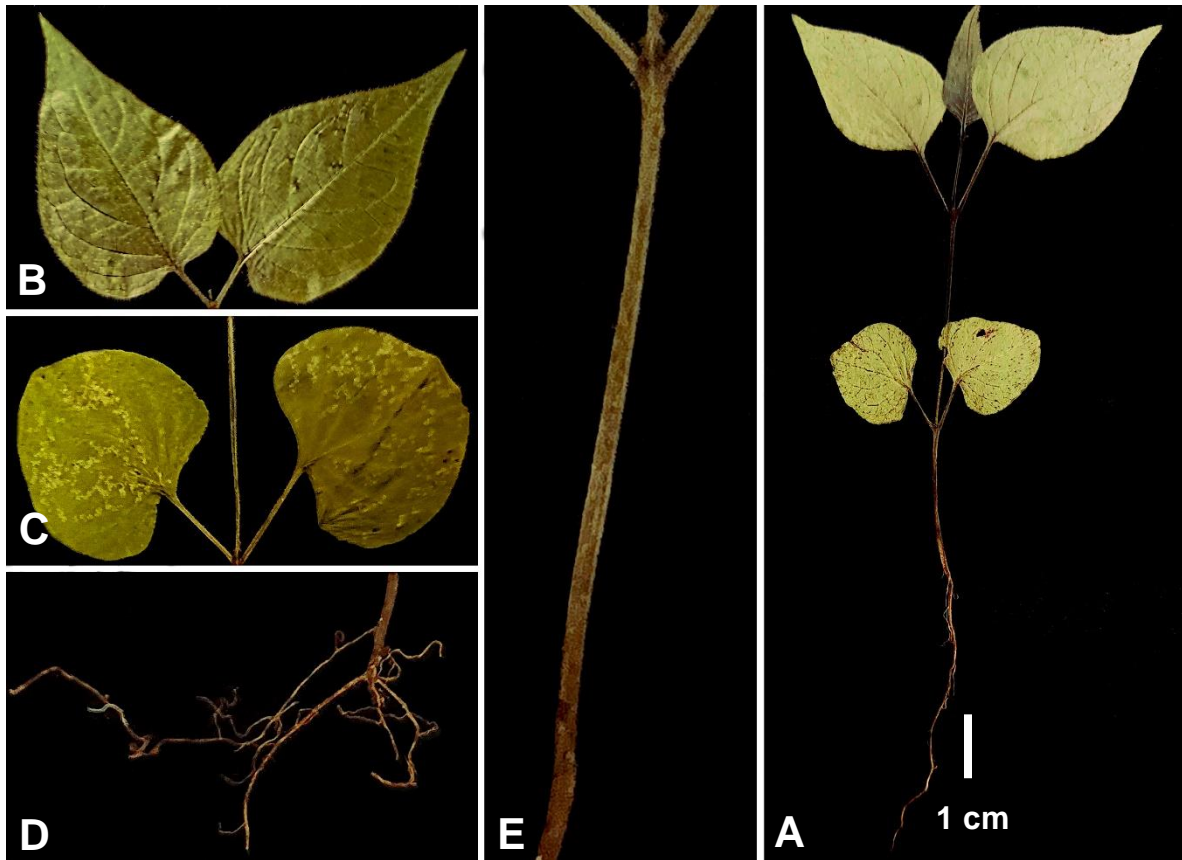


Figura 37. Morfología de la plántula A) Morfotipo 4, B) protófilas, C) cotiledones, D) radícula y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Morfotipo 5

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos, opuestos, de forma abovada, dentada, hipocótilo con escasos tricomas simples, epicótilo cilíndrico, con tricomas simples, protófilas simples de forma ovada, ápice agudo, base cordada, margen dentado, tricomas simples, radícula axonomorfa (Figura 38).

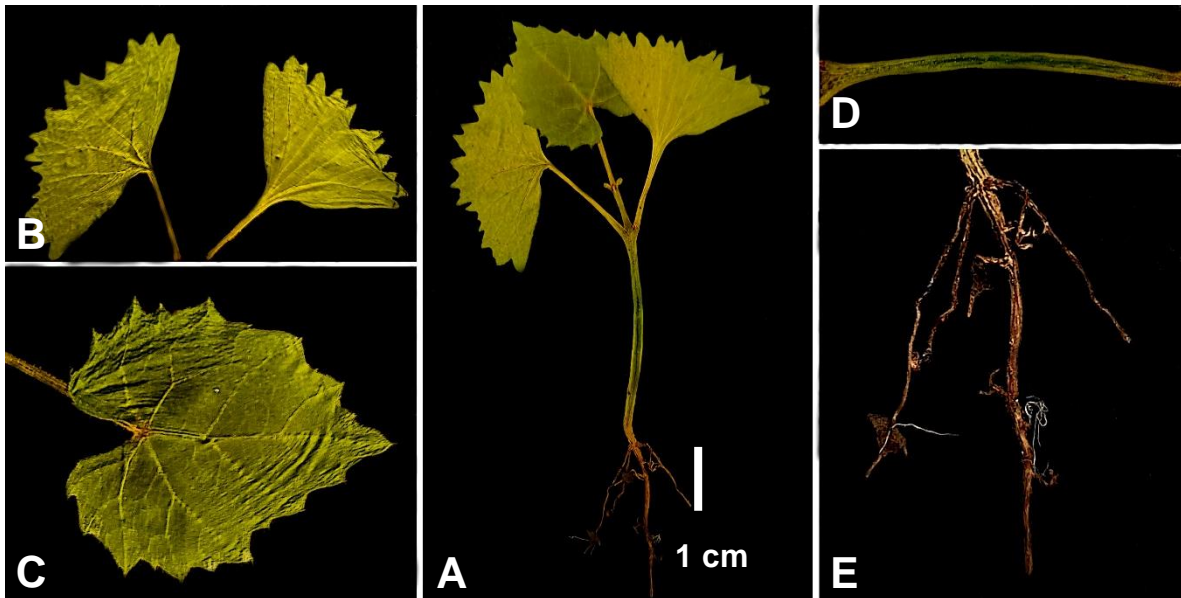


Figura 38. Morfología de la plántula A) Morfotipo 5, B) cotiledones, C) protófila, D) hipocótilo y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Morfo tipo 6

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones de reserva, opuestos, de forma elíptica, ápice y base truncados, enteros, hipocótilo y epicótilo cilíndricos, con abundantes tricomas simples, protófilas simples, opuestas, de forma ovada, ápice agudo, base redondeada, margen dentado, tricomas simples en haz y envés, radícula axonomorfa (Figura 39).

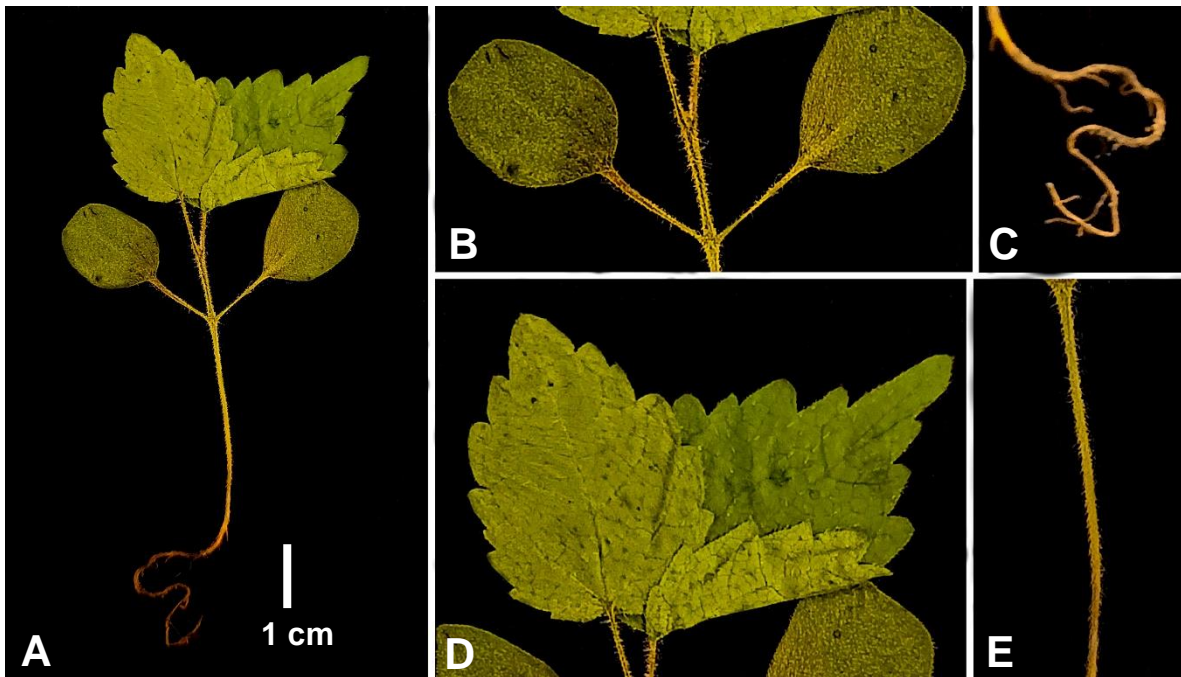


Figura 39. Morfología de la plántula A) Morfotipo 6, B) cotiledones, radícula, D) protófilas y E) hipocótilo, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Morfotipo 7

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones foliáceos opuestos, de forma oblonga, ápice y base truncados, protófilas de forma orbicular, base y ápice redondeados, hipocótilo y epicótilo cilíndricos (Figura 40).

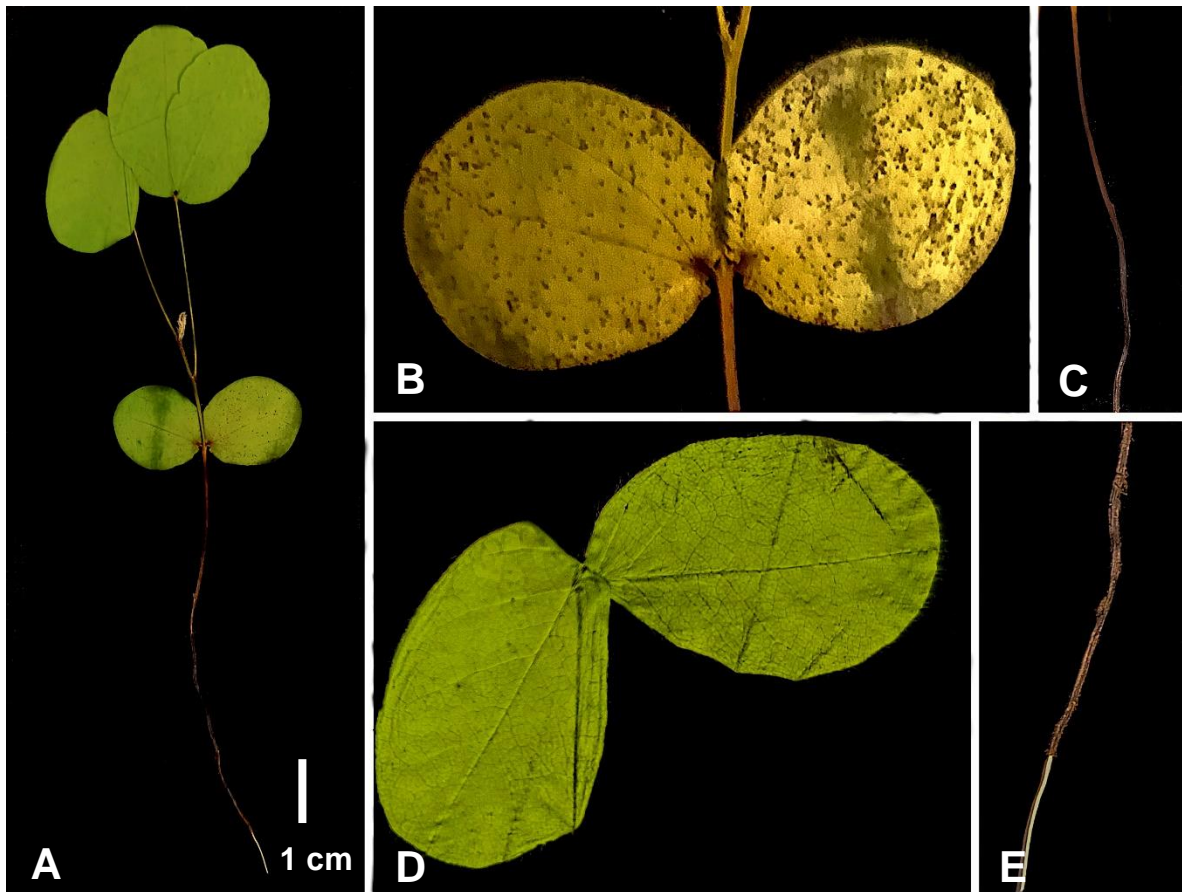


Figura 40. Morfología de la plántula A) Morfotipo 7, B) cotiledones, C) hipocótilo y D) protófilas y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

Morfotipo 8

Germinación epigea, fanerocotilar, cotiledones de reserva, opuestos, abovados enteros, ápice redondeado, base aguda, hipocótilo y epicótilo cilíndricos con tricomas simples, protófilas opuestas, trifoliadas, forma ovada, ápice pilífero, base aguda, margen entero, con tricomas simples y glándulas (Figura 41).

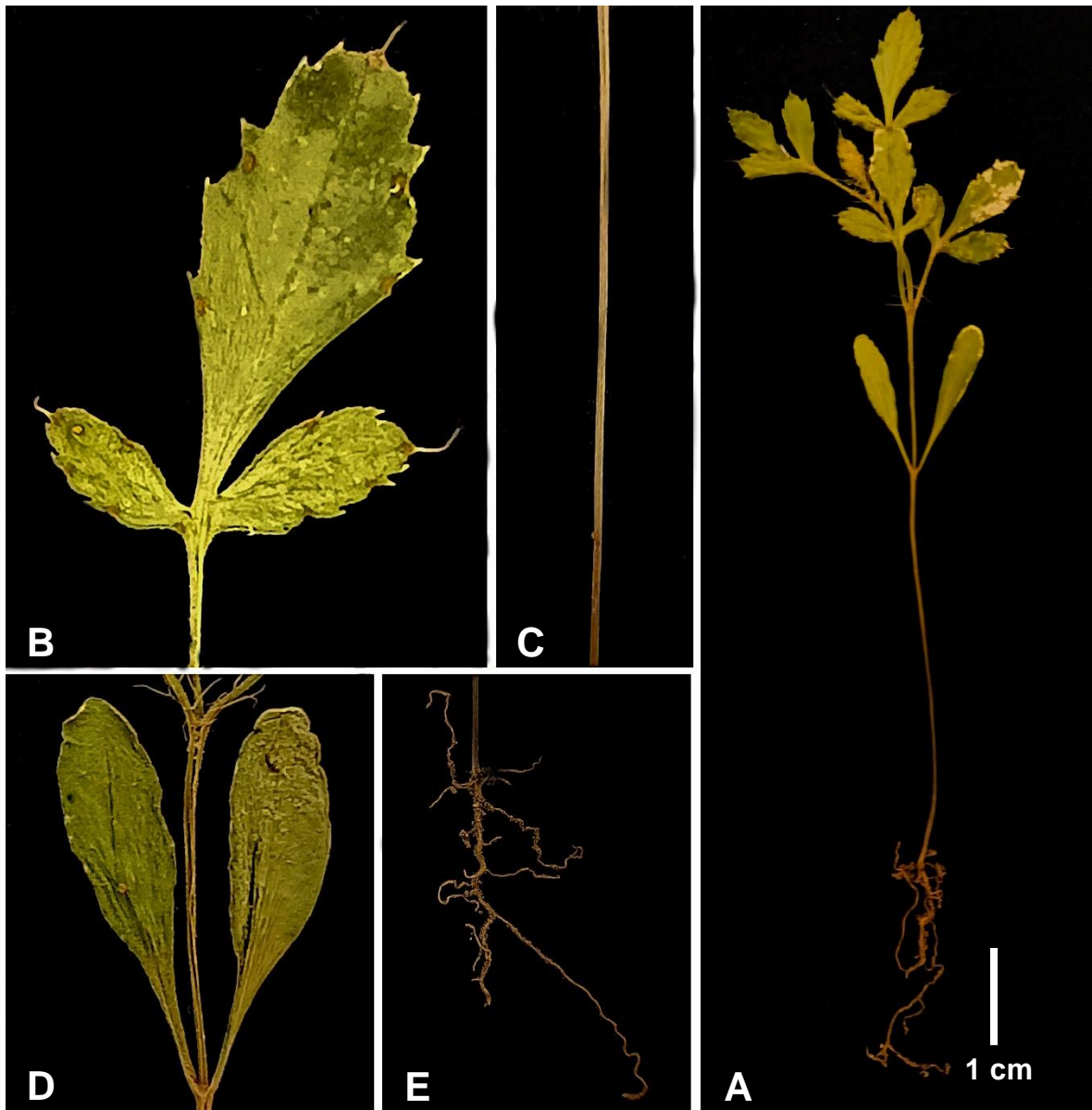


Figura 41. Morfología de la plántula A) Morfotipo 8, B) prótota, C) hipocótilo y D) cotiledones y E) radícula, en Los Bienes Comunes de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla (Fotografía tomada por Gabriela González).

En total, se reconocieron 31 especie de plántulas con base en la morfología, de las cuales, 11 corresponden al banco de semillas y planta madre de ambas temporadas, y 21 para el banco de plántulas (Cuadro 6). Del banco de plántulas, se determinó un 53% a nivel de especie, 18% a género, 6% a familia y un 23% que no se logró determinar. Se presentaron tres tipos de germinación PEF con 53%, seguido de PER con 38% y por último, CER con 9%.

Cuadro 6. Plántulas identificadas resultado de la germinación de semillas provenientes del banco de semillas, planta madre y plántulas, en Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

1) representa la presencia de las especies y 0) la ausencia.

Especie	Banco de semillas		Planta madre		Plántulas
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	
<i>Ipomoea arborescens</i>	1	1	1	1	1
<i>Conzattia multiflora</i>	1	1	1	1	0
<i>Lonchocarpus caudatus</i>	1	0	1	0	0
<i>Mimosa polyantha</i>	0	0	0	1	0
<i>Senna sp.</i>	0	0	1	0	0
<i>Cephalocereus mezcalaensis</i>	0	0	1	0	0
<i>Bunchosia palmeri</i>	0	0	1	0	0
<i>Ceiba aesculifolia</i>	0	1	0	1	0
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	0	0	0	1	0
Morfotipo 1	1	0	0	0	0
Morfotipo 2	0	1	0	0	0
<i>Bursera glabrifolia</i>	0	0	0	0	1
<i>Bursera longipes</i>	0	0	0	0	1
<i>Bursera aptera</i>	0	0	0	0	1
<i>Bursera morelensis</i>	0	0	0	0	1
<i>Ipomoea hederifolia</i>	0	0	0	0	1
<i>Ipomoea corymbosa</i>	0	0	0	0	1
<i>Ipomoea sp.</i>	0	0	0	0	1
<i>Rhynchosia discolor</i>	0	0	0	0	1
<i>Vachellia pennatula</i>	0	0	0	0	1
<i>Caesalpineia sp.</i>	0	0	0	0	1
<i>Desmanthus sp.</i>	0	0	0	0	1

Fabaceae	0	0	0	0	1
<i>Cnidocolus</i> sp.	0	0	0	0	1
<i>Euphorbia</i> sp.	0	0	0	0	1
Morfotipo 3	0	0	0	0	1
Morfotipo 4	0	0	0	0	1
Morfotipo 5	0	0	0	0	1
Morfotipo 6	0	0	0	0	1
Morfotipo 7	0	0	0	0	1
Morfotipo 8	0	0	0	0	1

XI. Índice de jaccard de plántulas

Los resultados del Coeficiente de Similitud de Jaccard para las especies de plántulas compartidas entre los sitios, arrojaron valores que oscilaron entre 0.21 a 0.33. Los sitios S1 y S3 presentaron siete especies en común, seguido del S1 y S2 con cinco especies: *Ipomoea arborescens*, *Desmanthus* sp., *Euphorbia* sp. y dos morfotipos. De los tres sitios que se reconocieron, se encontraron diferencias significativas con un valor de $p=0.0011$ (Permutación= 9999 y $R= 0.7923$). El S1 presentó diferencias significativas con el S3 con un valor de $p= 0.032$.

XI. Comparaciones temporales del banco de semillas vs plántulas

La composición de especies registradas para el banco de semillas en las temporadas de lluvias y secas, con respecto a las plántulas, mostró que solo comparten una especie en común: *Ipomoea arborescens*, con un valor para el Índice de Jaccard de 0.04, lo cual muestra que existe una baja similitud entre el banco de semillas y las plántulas que emergen en el sitio de trabajo (Cuadro 9). Lo mismo sucede al comparar el banco de semillas, por temporada, entre las plántulas, compartiendo únicamente una especie. Corroborando lo anterior, la prueba ANOSIM para observar las diferencias entre el banco de semillas y plántulas mostró un valor de $p= 0.0002$ (Permutación= 9999 y $R= 0.5228$), reflejando que existen diferencias significativas en la composición florística entre estos dos elementos.

Cuadro 9. Valores de los Índices de Jaccard para el banco de semillas vs plántulas en Los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán, ANP Sierra del Tentzo, Puebla.

	Banco de semillas lluvias	Banco de semillas secas	Plántulas
Banco de semillas lluvias	1	0.63	0.04
Banco de semillas secas	0.63	1	0.04
Plántulas	0.04	0.04	1

XI. Clave taxonómica

La clave taxonómica que a continuación se presenta, se elaboró con base en características morfológicas del hipocótilo, epicótilo, y protófilas; además del tipo de germinación, y la exposición y función de los cotiledones. Se incluyeron ejemplares determinados a nivel de género y especie.

1a. Germinación criptocotilar	2
1b. Germinación fanerocotilar	3
2a. Protófilas simples; margen entero con tricomas simples	<i>Bunchosia palmeri</i>
2b. Protófilas compuestas; con margen dentado	<i>Cardiospermum</i> sp.
3a. Cotiledones de reserva	4
3b. Cotiledones foliáceos	11
4a. Protófila simple	5
4b. Protófilas compuestas	8
5a. Cotiledones reniforme o triangulares.....	6
5b. Cotiledones oblongos.....	7
6a. Cotiledones reniformes.....	<i>Lonchocarpus. caudatus</i>
6b. Cotiledones triangulares.....	<i>Cephalocereus mezcalaensis</i>
7a. Hipocótilo engrosado y tricomas urticantes en epicótilo	<i>Cnidocolus</i> sp.

7b. Hipocótilo y tricomas simples en epicótilo.....	<i>Euphorbia</i> sp.
8a. Foliolos en protófilas en número menor a diez	<i>Senna</i> sp.
8b. Foliolos en protófilas en número mayor a diez	9
9a. Cotiledones oblongos.....	<i>Caesalpinia</i> sp.
9b. Cotiledones elípticos.....	10
10a. Hipocótilo y epicótilo pubescentes	<i>Desmanthus</i> sp.
10b. Hipocótilo y epicótilo glabros	<i>Conzattia multiflora</i>
11a. Cotiledones trilobulados o multilobados.....	12
11b. Cotiledones triangulares o bilobulados.....	15
12a. Cotiledones trilobulados	13
12b. Cotiledones multilobulados	14
13a. Protófilas simples; margen entero, hipocótilo cuadrado	<i>Bursera longipes</i>
13b. Protófilas compuestas; margen aserrado, hipocótilo cilíndrico	<i>Bursera glabrifolia</i>
14a. Protófilas trifoliadas ,.....	<i>Bursera aptera</i>
14b. Protófilas octafoliadas.....	<i>Bursera morelensis</i>
15a. Cotiledones triangulares	16
15b. Cotiledones bilobulados.....	17
16a. Protófilas alternas; radícula axonomorfa delgada.....	<i>Rhynchosia discolor</i>
16b. Protófilas opuestas; radícula axonomorfa engrosada	<i>Ceiba aesculifolia</i>
17a. Protófilas opuestas	<i>Ipomoea arborescens</i>
17b. Protófilas alternas	18
18a. Protófilas de forma hastiformes.....	<i>Ipomoea hederifolia</i>
18b. Protófilas de forma ovadas.....	19
19a. Base de la protófila cordiforme; ápice acuminado	<i>Ipomoea corymbosa</i>

19b. Base de la protófila truncada; ápice agudo *Ipomoea* sp.

XII. Discusión

XII. Composición de la flora

La riqueza florística encontrada para los nueve transectos revela a Asteraceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malpighiaceae y Poaceae como las familias de plantas más representativas en este estudio. Estos datos coinciden con los resultados de composición florística de otros estudios para el estado de Puebla, en el BTC, en la Cuenca del río Balsas (Arias et al., 2002), en el cual reportan a Asteraceae, Fabaceae, Poaceae como las familias más representativas. Méndez-Larios et al. (2004), reportaron a Asteraceae, Cactaceae y Lamiaceae como las familias mejor representadas para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán en un BTC. Mientras que Gallardo-Cruz et al. (2005), documentaron resultados similares e incluyen a Euphorbiaceae, Apocynaceae, Malpighiaceae y Rubiaceae con una mayor riqueza para el Cerro Verde, Nizanda, Oaxaca para un BTC. Entre las especies típicas de este tipo de vegetación se encuentran *Conzattia multiflora*, *Lysiloma acapulcense*, *L. divaricata* (Fabaceae) y varias especies de *Bursera* (Burseraceae) y *Ceiba* (Malvaceae), *Salvia* (Lamiaceae), *Echeveria* (Crassulaceae), y *Mammillaria* (Cactaceae; Arias et al., 2002; Méndez-Larios et al., 2004). Los resultados, aquí presentados, destacan la presencia de *Bursera*, *Euphorbia*, *Senna* y *Lasiacis* con el mayor número de especies, resultados que son congruentes con las familias con mayor riqueza y características del BTC (Arias et al., 2002; Méndez-Larios et al., 2004; Gallardo- Cruz et al., 2005).

Para la Sierra del Tentzo, Martínez (1998) documentó que Asteraceae y Fabaceae eran las familias más abundantes. Mientras que Hernández (2002), Sánchez (2008) y García-Fragoso et al. (2021), reportan que Anacardiaceae, Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae son las mejor representadas.

XII. Composición y diversidad del banco de semillas (lluvias y secas)

El análisis del banco de semillas realizado en este estudio, permitió identificar, a nivel de especie, a seis familias y nueve géneros, en ambas temporadas del año. Fabaceae fue la familia con mayor representación, seguida por Burseraceae. La predominancia de Fabaceae, es congruente con lo reportados en otros estudios con el mismo tipo de vegetación (Cano-Salgado et al., 2012; Meave et al., 2012; Velosa Caicedo et al., 2018; Gómez Santamaría, 2021). En general, Fabaceae es una de las familias más diversas y mejor adaptadas al BTC (Rzedowski, 1978; Martínez, 1998; Zepeda Gómez y Velázquez Montes, 1999; Arias et al., 2002; Hernández, 2002; Méndez-Larios et al., 2004; Gallardo-Cruz et al., 2005; Sánchez, 2008; García-Fragoso et al., 2021; Harker et al., 2021).

Según Rico-Gray y García-Franco (1992), y Meave et al. (2012), la abundancia y composición en el banco de semillas, está marcada por la temporalidad climática, sin embargo, estas condiciones no fueron confirmadas en los resultados aquí generados en las temporadas evaluadas. Durante la temporada de secas no se registró una mayor abundancia de semillas; este patrón no parece estar asociado con la fructificación estacional de múltiples especies arbóreas presentes en los BTC, a diferencia de lo que sugieren investigaciones previas (Garwood, 1983; Dalling et al., 1998; Pérez y Santiago, 2001; Martínez Orea et al., 2013). Donde la dispersión de frutos y semillas tiende a concentrarse en la temporada de secas, lo que incrementa la densidad del banco de semillas. Gómez Santamaría (2021), reportó un mayor número de especies en la temporada de lluvias y señala que los patrones pueden variar según la región y el diseño del muestreo, para este estudio fue realizado en un bosque tropical seco.

En este sentido, los resultados aquí presentados, no mostraron diferencias significativas entre las temporadas de lluvias y secas. Estos resultados coinciden con lo reportado por Cano-Salgado et al. (2012), en Zapotitlán, Puebla, lo que sugiere que, en ciertos ecosistemas semiáridos, la composición del banco de semillas puede mantenerse relativamente estable a lo largo del ciclo anual. Es relevante considerar que diversos estudios reportan diferencias temporales después de muestreos prolongados por al menos dos años, por lo que les permitieron obtener una mayor cantidad de muestras (Dalling et al., 1998; Pérez y

Santiago, 2001; Martínez Orea et al., 2013) .

El número limitado de especies identificadas en este estudio contrasta con lo reportado por Gómez Santamaría (2021), quien reportó un total de 144 especies, pero con un mayor esfuerzo de muestreo durante dos ciclos anuales. Con base en lo anterior, se hace evidente la relevancia de ampliar este tipo de estudios a una mayor escala espacio-temporal, lo que permitiría una mayor comprensión del banco de semillas y su dinámica ecológica.

El Índice de diversidad de Simpson no fue constante, pero muestra una tendencia a valores menores a 0.7, lo que revela una relativa homogeneidad en la composición del banco de semillas, donde existe dominancia de algunas especies y una limitada heterogeneidad. Situación que refleja una composición del banco por pocas semillas y escasas especies. Este patrón si bien coincide con lo registrado por Velosa Caicedo et al. (2018) y Gómez Santamaría (2021) para ecosistemas tropicales y subtropicales; aunque, también, puede ser una respuesta a la frugivoría causada por los animales silvestres (Hulme, 1998; Xiao et al., 2006).

Con base en la prueba estadística de Mann-Whitney que permitió comparar los índices de diversidad entre temporadas, se muestra que no existen diferencias significativas. Este resultado sugiere que no hay una variación temporal importante durante las dos temporadas del ciclo anual evaluadas; sin embargo, es una oportunidad para evaluar durante un mayor tiempo como lo señalan Dalling et al. (1998), Pérez y Santiago (2001) y Martínez Orea et al. (2013). Estos autores sugieren que para detectar cambios temporales marcados en la diversidad del banco de semillas es necesario realizar muestreos continuos por, al menos, dos años y así evitar una estabilidad aparente o transitoria. Por otro lado, con base en los datos obtenidos por el Servicio Meteorológico Nacional, se revela que en los años anteriores (2022 y 2023) a este estudio, obtuvieron valores de 522.09 y 481.14 mm de precipitación total. Además, se presentaron sequías catalogadas como anormalmente secas (D0) y sequía moderada (D1), condiciones que pueden afectar en la reproducción vegetal, como lo señalaron Dalling et al. (1998), reduciendo el número y tamaño de los frutos y semillas.

En conjunto, estos resultados sugieren que la diversidad de los bancos de semillas puede variar ampliamente según el tipo de vegetación, el manejo del ecosistema, el régimen de perturbaciones y, especialmente, la escala temporal del muestreo. Por ello, es fundamental considerar estudios de largo plazo y mayor cobertura espacial para comprender mejor los patrones y dinámicas de la diversidad en los bancos de semillas.

XII. Morfología de plántulas

Se identificaron tres grupos funcionales de plántulas: PEF (47.61%), PER (42.85%) y CER (9.52%), para lo cual se consideró la exposición, posición y función de los cotiledones. El tipo PEF, se caracteriza por que los cotiledones emergen del suelo, sobresalen de la testa y son foliáceos; lo presentaron las familias Fabaceae, Burseraceae, Convolvulaceae y Malvaceae, las cuales se distribuyen, principalmente, en regiones templadas, tropicales y subtropicales. En México, se encuentran en zonas áridas, bosques perennifolios y bosques espinosos, incluyendo áreas perturbadas (Fryxell, 1993; Téllez y Sousa, 1993; Medina-Lemos, 2008), estas zonas se caracterizan por tener hábitats soleados y abiertos (Carranza, 2007); normalmente, en este grupo funcional, los cotiledones requieren de áreas abiertas en donde haya una mayor disponibilidad de luz. En estudios realizados por Duke (1965), Garwood (1996), e Ibarra-Manríquez et al. (2001), en zonas tropicales de Malasia, Panamá y Puerto Rico, además de bosques lluviosos en Veracruz, México, en los que mostraron que el tipo funcional PEF predomina sobre los demás, con un porcentaje de 49.5 - 56 %, lo cual se debe a la morfología funcional de los cotiledones y en como varían estos según los diferentes tipos de vegetación.

El grupo funcional PER, que se caracteriza por la exposición de los cotiledones sobre el nivel del suelo y que funcionan como reserva (apariencia carnosas), se ha asociado a ambientes tropicales estacionalmente secos, encontrándose en un 24% con respecto al resto de los grupos funcionales, aumentando cuando las precipitaciones disminuyen, siendo más exitosas en afrontar regiones donde la

disponibilidad de agua es menor; lo que podría representar una estrategia adaptativa para bosques tropicales estacionalmente secos (Menezes et al., 2018). Este tipo de plántula se presentó en un 42.85% para Cactaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae, las cuales se distribuyen en zonas cálidas, áridas, semiáridas, cálido-secas (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1997; Arias y Aquino, 2019). Asimismo, los cotiledones de reserva son ricos en nutrientes, lo que proporciona a la plántula un suministro de energía y recursos durante las primeras etapas de crecimiento, cuando la plántula aún no ha desarrollado un sistema radical extenso, permitiéndole sobrevivir en condiciones adversas, como sequías temporales o suelos pobres en nutrientes (De Vogel, 1980).

El tipo funcional CER, se caracteriza porque los cotiledones se mantienen al interior de la testa, sobresalen del suelo y los cotiledones son de reserva (aparición carnosa); generalmente, éste ha sido relacionado en ambientes donde la disponibilidad de luz es menor, siendo poco comunes en estas zonas tropicales. En estudios realizados por Duke (1965) y Zanne et al. (2005), observaron que las especies con germinación criptocotilar aumentan a lo largo de un gradiente de humedad, presentándose en lugares con mayor humedad, así como en sitios donde la cobertura del dosel es más denso, influyendo así en la cantidad de luz que entra, encontrándose en bosques tropicales húmedos. Por el contrario, en regiones donde la cobertura del dosel es menor y hay una mayor entrada de luz, se puede encontrar este tipo de plántula en porcentajes que van del 2.4 – 20 % (Garwood, 1996; Ibarra-Manríquez, et al., 2001). Los porcentajes obtenidos coinciden con lo reportado en este estudio (9.52%), donde se indica que dicha proporción corresponde únicamente a las especies *Bunchosia palmeri* (Malpighiaceae) y *Cardiospermum halicacabum* (Sapindaceae), las cuales se establecen en regiones tropicales y subtropicales, en zonas montañosas (Calónico-Soto, 2011; Patiño y Hernández, 2023), distribuyéndose principalmente en BTC y matorrales xerófilos; así como en encinares y pinares adyacentes, conservando este tipo de grupo funcional en sus plántulas, por lo que se requiere revisar a detalle estas especies.

Analizando los grupos funcionales por familia y caracteres como protófilas, cabe señalar que para *Conzattia multiflora*, *Cardiospermum halicacabum*, *Cnidocolus*

sp., y *Cephalocereus mezcalaensis*, estos son los primeros reportes. En la familia Fabaceae, se identificaron siete especies, distribuidas en los grupos funcionales PER (85.71%), todos los géneros estudiados, en el caso de *Mimosa*, *Lonchocarpus*, *Senna*, *Desmanthus* y *Caesalpineia*, existe información sobre el grupo funcional, los cuales coinciden con lo reportado para el presente trabajo, donde autores como Compton (1912), Duke (1969), Parra (1984) y Camargo-Ricalde y Grether (1998) reportaron el mismo tipo de germinación para especies de *Mimosa*: *M. albida*, *M. arenosa*, *M. camporum* y *M. Tenuiflora*. Así mismo, Nassar et al. (2011), Piveta et al. (2018), Eudes da Silva et al. (2023), Ferreira y Barbosa (2015) y Pholhill et al. (1981), para *Senna*: *S. occidentalis*, *S. macranthera*, *S. siamea* y *Caesalpinia echinata*, quienes reportaron el mismo tipo de plántula. Este comportamiento puede explicarse por la distribución de las especies, ya que se encuentran presentes en zonas tropicales y semiáridas, donde la disponibilidad de luz es alta, favoreciendo el establecimiento de plántulas con estrategias funcionales fanerocotilar, epigeas, y adaptadas a ambientes expuestos a la luz. En el caso del género *Lonchocarpus*, el tipo funcional de las plántulas cambia, ya que Sousa et al. (2014) reportaron cotiledones hipogeos, para *L. muehlbergianus*, *L. cochleatus*, *L. crassicalyx*, *L. longipedicellatus*, y *L. Acuminatus*, con excepción de *L. grandifoliolatus*, este tipo de germinación puede ser una ventaja para las plántulas en condiciones de competencia por luz, ya que se realizó en un área donde la cobertura del dosel es alta.

Para el grupo funcional PEF (14.28%), se presentó solo para *Rhynchosia discolor*. Schütz et al. (2012) reportaron para *R. phaseoloides*, *R. melanocarpa*, *R. mínima* y *R. Schomburgkii*, germinación criptocotilar, hipogea, especies con distribución en regiones tropicales de Brasil, donde hay una mayor cobertura del dosel y humedad. En *Lonchocarpus*, las protófilas presentan formas previamente descritas por Trombert Oliveira (2001) y Sousa (2014). Estas hojas presentan disposición opuesta con margen entero; las nomófilas son trifoliadas con margen entero; es relevante mencionar que este carácter permitió el reconocimiento en campo de sus especies. En *Rhynchosia*, la presencia de tricomas en toda la plántula es una característica típica (Khan et al., 2017, Schütz et al., 2012), carácter que se confirmó en la especie.

Desmanthus, desarrolla una radícula axonomorfa y protófilas pinnadas con 4-5 folíolos, que ya habían sido reportados por Luckow (1993) y Latting (1961) para *D. Illinoensis*.

En Burseraceae y, particularmente, en *Bursera*, se presentó el grupo funcional PEF, que corresponde a los requerimientos de este tipo de germinación, y es típico de especies con distribución, principalmente, en bosque tropical caducifolio (BTC), con alta disponibilidad de luz (Medina-Lemos, 2008). *Bursera* es uno de los géneros más diversos de Burseraceae, con 100 especies (Medina-Lemos, 2008). Se clasifica en las secciones *Bursera* y *Bullockia*, la primera se caracteriza por presentar cotiledones de forma multilobada, por el contrario, para la sección *Bullockia* presenta cotiledones de forma trilobada con presencia de cotiledones diferentes en forma (Andrés-Hernández, 1997; Andrés-Hernández y Espinosa Organista, 2002). Ambas formas, multilobada se reconoció para *B. aptera* y *B. morelensis* (secc. *Bursera*), y trilobada para *B. glabrifolia* y *B. longipes* (*Bullockia*).

Para *Ipomoea* (Convolvulaceae), se registran poco más de 160 especies para México, la mayoría son de hábito herbáceo y crecen a manera de enredaderas y otras son de hábito arbóreo (Carranza, 2007). Las especies mejor representadas en este estudio corresponden a enredaderas: *I. hederifolia*, *I. corymbosa* e *Ipomoea* sp., y una arbórea *I. arborescens*. Todas ellas presentaron el grupo funcional PEF, mismo que ya había sido reportado para la especie *I. aquatica* (Uma et al., 1990). La forma bilobulada de los cotiledones que se observó en las cuatro especies estudiadas es una característica particular para las especies de *Ipomoea* (Uma et al., 1990; Das y Mukherjee, 1997; Torres-Reaño et al., 2017; Wilder y Relish, 2022). En este estudio, la presencia de tricomas simples en el hipocótilo y protófilas, se puede observar en las especies de enredaderas. Pero fueron ausentes en *I. arborescens*, como lo había señalado Wilder y Relish (2022) en *I. violacea*, *I. triloba*, *I. quamoclit*, *I. pes-caprae* e *I. alba*, especies que mostraron hipocótilo y protófilas glabras. Por otro lado, Das y Mukherjee (1997), y Torres-Reaño et al. (2017) sugieren que la inserción y ángulo de la hoja paracotiledonar son caracteres que permiten identificar las especies de *Ipomoea*.

En Malvaceae, se ha reportado que las especies de *Ceiba* presentan el grupo

funcional PEF. Las especies de *Ceiba* presentan distribución en regiones tropicales y subtropicales, en matorral o en el BTC (Carranza, 2000; Pérez y Gómez, 2013). En estos ambientes, se pueden encontrar condiciones como una menor cobertura del dosel y una mayor disponibilidad de luz que favorece este tipo de germinación, como ocurre en las especies *C. pentandra* y *C. aesculifolia* (Sánchez-Sánchez y Hernández-Zepeda, 2004; Zamora-Cornelio et al., 2010). Las plántulas de *Ceiba* presentan una radícula axonomorfa y protófilas compuestas 3-5, los folíolos son de forma ovada, que permiten la identificación en el campo de sus especies, caracteres que fueron confirmados en la especie estudiada.

Bunchosia cornifolia (*B. nitida* por Duke, 1969) (Malpighiaceae) ha sido reportada con germinación fanerocotilar. Sin embargo, los resultados, aquí presentados, en *B. palmeri* revelan una germinación del tipo criptocotilar. La presencia de la germinación criptocotilar puede deberse a la distribución ecológica de las plantas en regiones tropicales, a una mayor altitud, que lo reportado por Duke (1969), al nivel del mar, con una mayor humedad relativa. La presencia de tricomas en estructuras como epicótilo y protófilas es común en Malpighiaceae, y fueron confirmados para *B. palmeri*.

XII. Relación entre banco de semillas y plántulas

Los resultados obtenidos revelan una baja similitud entre la composición de especies presentes en el banco de semillas y las plántulas, en los nueve transectos evaluados, durante ambas temporadas del año. Estos resultados revelan que existen diferencias significativas entre estos dos. La similitud calculada mediante el Coeficiente de Jaccard fue de solo 0.04, correspondiente a la presencia de una sola especie compartida (*Ipomoea arborescens*). Este valor sugiere que el banco de semillas no refleja, de manera directa, la composición de la vegetación en etapas tempranas de su establecimiento.

Este patrón de baja coincidencia entre el banco de semillas y la comunidad de plántulas, es consistente con lo reportado en otros estudios (Rico-Gray y García-Franco, 1992; Álvarez-Aquino et al., 2014; Zepeda-Gómez et al., 2015; Del Valle et

al., 2022) en vegetación como BTC en Veracruz, Yucatán en México y regiones de Brasil y humedales en la Cuenca alta del río Lerma México, y puede explicarse por las diferencias funcionales y ecológicas entre las especies que integran ambos grupos. Se ha señalado que los bancos de semillas están dominados, principalmente, por especies herbáceas, pioneras y malezas; mientras que las especies leñosas, propias de la vegetación madura, están escasamente representadas (Rico-Gray y García-Franco, 1992; Orea et al., 2013). Esta interpretación se debe, en parte, a que muchas especies leñosas poseen bancos de semillas transitorios o incluso inexistentes, lo que limita su representación en el suelo como lo señalan Skoglund (1992), y Baskin y Baskin (1998).

La viabilidad de las semillas constituye un factor clave en la dinámica de los bancos de semillas. En el presente estudio se determinó que un 14% de las semillas almacenadas eran inviables y, en el caso de *Bursera*, un 4% correspondía a semillas vanas, sin capacidad de germinación (Bedoya-Patiño et al., 2010; Zhang y Chu, 2013). A este aspecto se suma la depredación, que ejerce una influencia negativa sobre la composición del banco. Diversos trabajos han documentado que mamíferos pequeños y hormigas son depredadores frecuentes en zonas tropicales y subtropicales, y su acción puede reducir de manera considerable el número de semillas viables (Hulme, 1998; Xiao et al., 2006). Para este estudio no se evaluó la depredación sobre el banco de semillas. Otro de los factores que influyen en la diferencia entre el banco de semillas y las plántulas es que el banco de semillas es un sistema altamente dinámico, influenciado por factores como la fenología reproductiva, la depredación y las condiciones ambientales (Garwood, 1989). Las constantes entradas y salidas de semillas hacen que este compartimento sea menos predecible y más variable a lo largo del tiempo. Los resultados aquí presentados reflejan la diferencia entre el banco de semillas y las plántulas.

En conjunto, estos hallazgos subrayan la importancia de considerar tanto el banco de semillas como las comunidades de plántulas, al evaluar los procesos de regeneración natural, ya que cada uno refleja diferentes etapas del proceso sucesional y responde de manera distinta a las condiciones ambientales y

perturbaciones. Su análisis proporciona una visión más completa del potencial de la recuperación de los ecosistemas, especialmente, en contextos de restauración ecológica o conservación. En este sentido, la germinación representa una etapa crítica; ya que condiciona el inicio y calidad del establecimiento de las plántulas, afectando directamente la estructura, composición y regeneración de las comunidades vegetales. Asimismo, los caracteres morfológicos empleados en la elaboración de la clave taxonómica permitieron la identificación en campo de las 21 especies registradas, lo cual resulta esencial para el seguimiento detallado de la dinámica regenerativa.

XIII. Conclusión

Las características morfológicas, particularmente las asociadas a las protófilas, el tipo de germinación, la posición y función de los cotiledones, permitieron la identificación taxonómica de especies presentes en el banco de semillas.

El banco de semillas presentó tres grupos funcionales con una predominancia de la germinación fanerocotilar y epigea, características que se relacionan con una mayor eficiencia en ambientes con alta disponibilidad de luz.

Los resultados obtenidos permiten facilitar estudios de manejo y restauración ecológica, contribuyendo al conocimiento de la dinámica de regeneración de este ecosistema. Para el reconocimiento temprano de las especies.

La ausencia de diferencias significativas entre las temporadas (secas y lluvias) evaluadas, contradice la hipótesis planteada, ya que no se lograron observar diferencias significativas entre estas. Por lo que se sugiere realizar estudios adicionales que consideren una mayor escala espacial y temporal.

Las especies en el banco de semillas no son las mismas que logran germinar, por lo cual se reconocieron diferencias entre banco de semillas y plántulas.

XIV. Bibliografía

- Almeida O. J. G., Paoli A. A. S., Souza L. A. y Cota-Sánchez J. H. (2013) Seedling morphology and development in the epiphytic cactus *Epiphyllum phyllanthus* (L.) Haw. (Cactaceae: Hylocereeae). *Journal of the Torrey*

Botanical Society 140(2), pp. 196–214. DOI:
<https://doi.org/10.3159/TORREY-D-12-00031.1>

Álvarez-Aquino C., Barradas-Sánchez L., Ponce-González O. y Williams- Linera G. (2014). Soil seed bank, seed removal, and germination in a seasonally dry tropical forest in Veracruz, Mexico. *Botanical Sciences*, Vol.92 (1), 111-121. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsoci.42>

Álvarez-Quiroz N. (2019). Morfología y desarrollo de cambium vascular en plántulas de cinco especies de selva baja caducifolia (Tesis de Licenciatura). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Andrés-Hernández, A. R. 1997. Análisis morfológico en plántulas de 11 especies del género *Bursera* Jacq. Ex L. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México. 53 pp.

Andrés-Hernández A. R. y Espinosa-Organista D. (2002). Morfología de plántulas de *Bursera jacq.* ex I. (Burseraceae) y sus implicaciones filogenéticas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, Vol. 70, 5-12. DOI:10.17129/botsoci.1652

Arias S. y D. Aquino. 2019. Cactaceae I. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. 209 Calónico-Soto J. Sapindaceae. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. 1-40

Arias D., Dorado O. y Maldonado B. (2002) Biodiversidad e importancia de la selva baja caducifolia: la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. CONABIO. *Biodiversitas* 45: 7-12. URL: [Selva-baja2.pdf](#) (uv.mx)

Bedoya-Patiño J. G., Estévez-Varón J. V. y Castaño-Villa G. J. (2010) Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*. 14 (12): 77-91.

- Boyas-Delgado J. C. (1994). Aspectos generales sobre la selva baja caducifolia. I Reunión Nacional sobre Selva Baja Caducifolia. Cuernavaca Morelos.
- Bouza C. y Covarrubias G. (2005). Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. *Investigación Operacional*, 26(3), 181–189.
- Burghardt A. D., Brizuela M. M. y Palacios R. A. (2000). Variabilidad en plántulas de algunas especies de *Prosopis L.* (Fabaceae) en busca de descriptores morfológicos. *Multequina* 9,23-33. URL: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292000000100004&lng=es&nrm=iso
- Calónico-Soto J. (2011) Sapindaceae. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. 1-40
- Camargo-Ricalde S. L. y Grether R. (1998) Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae) en México. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 46 (3). DOI:[10.15517/rbt.v46i3.20088](https://doi.org/10.15517/rbt.v46i3.20088)
- Campanhã Bechara F., Zocatelli Salvador L., Almeida Ventura R., Regina Topanotti L., Gerber D., Santana da Cruz I. y Simonelli M. (2020). Vegetation and seed bank of an open-scrub bush restinga formation in the Southeastern coast of Brazil. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 68 (2), 541-550. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.39241>
- Cano-Salgado A., Zavala-Hurtado J. A., Orozco-Segovia A., Valverde Valdés M. T. y Pérez-Rodríguez P. (2012) Composición y abundancia del banco de semillas en una región semiárida del trópico mexicano: patrones de variación espacial y temporal. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83: 437-446. <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.2.938>
- Carranza González E. 2000. Bombacaceae. Flora del Bajío y de Regiones

- Carranza E. 2007. Convolvulaceae. In Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (eds.). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 151. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, México. 2 pp.
- Challenger A. y Soberon J. 2008. Los ecosistemas terrestres, en Capital Natural de México, Vol. I: *Conocimiento Actual de la Biodiversidad*. Conabio, México, pp. 87-108.
- Compton, R. A. (1912) Investigation of the seedling structure in the Leguminosae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 41: 1-122. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1912.tb02313.x>
- Costa L. da F. (2024). Further generalizations of the Jaccard index. São Carlos Institute of Physics – DFCM/USP.
- Couto Soares V., de Vargas W., Menezes Zanoni A. M., Daibes L. F. y Baptista de Lima L. (2021) Ecophysiology and morphology of seed germination and seedling emergence of *Combretum lanceolatum* Pohl ex Eichler, *Brazilian Journal of Botany* 44:249–262. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00681-w>
- Custodio-Rodríguez J. P.; Vargas-Simón G. y Contreras-Sánchez W. M. (2022) Germinación, crecimiento inicial y morfología de *Castilla elastica* (Moraceae) en Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana*, (129). DOI: <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1857>
- Dalling J. W., Swaine M. D. y Garwood N. C. (1998) Dispersal Patterns and Seed Bank Dynamics of Pioneer Trees in Moist Tropical Forest. *Ecology*. 79 (2): 564-578. URL: <http://www.jstor.org/stable/176953>.
- Dantas H. B., Mesquita M. R. y Kossmann I. D. F. (2007). Descrição Comparativa dos Propágulos e Plântulas de *Copaifera multijuga* Hayne e *C. officinalis* Jacq. (Fabaceae). *Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre*. Vol.

<https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/115722>

- Das S. y K.K Mukherjee. 1997. Morphological and biochemical investigations on *Ipomoea* seedlings and their species interrelationships. *Annals of Botany*. 79(6): 565–571. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0384>
- Del Amo, S. (1979). Clave para plántulas y estados juveniles de especies primarias de una selva alta perennifolia en Veracruz, México. *Biótica*, 4(2), 59–108.
- Del Valle Bravo S. J., Abdala N. R. y Ibáñez-Moro A. V. (2022) Soil Seed Banks of Dry Tropical Forests under Different Land Management. *Forest*. 14:3. <https://doi.org/10.3390/f14010003>
- De Vogel E. F. (1980) Seedlings of dicotyledons. Structure, development, types. Descriptions of 150 woody Malesian taxa. Pudoc, Wageningen, the Netherlands.
- Duke J. A. (1965) Keys for the Identification of Seedlings of Some Prominent Woody Species in Eight Forest Types in Puerto Rico, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 52:3, pp. 314-350.
- Duke J. A. (1969) On Tropical Tree Seedlings I. Seeds, Seedlings, Systems, and Systematics. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 56:2, pp. 125-161.
- Espanhol Müller R., de Souza L. A., Hernández Pastorini L. y Barion Romagnolo M. (2017) Germination and seedling structure of *Ruprechtia laxiflora* Meissn. (Polygonaceae). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. Vol. 39(2) pp. 243-249. DOI 10.4025/actascibiols.v39i2.32617
- Essig F. B. (1991) Seedling morphology in *Clematis* (Ranunculaceae) and its taxonomic implications, *Sida* 14(3):377- 390.

- Etchepare M. A. y Boccanell S. I. (2007). Análisis del banco de semillas y su relación con la vegetación emergente en una clausura de la llanura pampeana. *Ecología Austral*. Vol. 17, 159-166. https://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/1432.
- Eudes da Silva F., Dias Pereira M., Balduino Nicolau J. P., Cardoso Felix F., da Silva Santos G. C., Pereira de Araújo J. K., da Silva Alves Almeida R. y Alcântara Bruno R. L. (2023) Morpho-physiological characterization of germination in *Senna siamea*. *Revista Ciência Agronômica* 54.
- Ferreira R. A. y Barbosa Barretto S. S. (2015) Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e mudas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lamarck). *Revista Árvore*, Viçosa-MG. Vol.39(3) pp. 505-512. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300011>
- Ferro-Díaz J. (2015). Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. *Revista ECOVIDA*, Vol. 5(1), 139-186. *Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación | Ferro-Díaz | Revista ECOVIDA (upr.edu.cu)*
- Flores E. M., Rivera D. I. y Vásquez N. M. (1986). Germinación y desarrollo de la plántula de *Cassia grandis* L. (Caesalpinioideae). *Revista de Biología Tropical*. 34(2), 289-296.
- Flores E. M. y Benavides C. E. (1990). Germinación y morfología de la plántula de *Hymenaea courbaril* L. (Caesalpinaceae). *Revista de Biología Tropical*. 38(1), 91-98.
- Foster S. A. (1986). On the adaptive value of large seeds for tropical moist forest trees: A review and synthesis. *Botanical Review*, 52(3), 260–299. <https://doi.org/10.1007/BF02860997>
- Fryxell P. A. 1993. Malvaceae of México. In *Flora del Valle de Tehuacán-*

- Gallardo-Cruz J. A., Meave J. A. y Pérez- García E. A. (2005) Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del cerro verde, Nizanda (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 76: 19-35. DOI: 10.17129/botsoci.1701
- García-Fragoso A.L., Guerrero-Rodríguez J. G., Ortiz-Torres E., Vaquera-Huerta H., Rosas-Rosas O. C. y Quero-Carrillo A. R. (2021) Comportamiento de la diversidad arbórea-arbustiva en zonas de pastoreo en un área natural protegida del trópico seco poblano. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. Núm. Esp. II: e2879, 2021 <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2879>
- Garwood N. C. (1983). Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological Monographs*. 53(2): 159-181.
- Garwood, N. C. (1989). Tropical Soil Seed Banks: A Review. In M. A. Leck, V. T. Parker, & R. L. Simpson (Eds.), *Ecology of Soil Seed Banks* (pp. 9-21). San Diego, CA: Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-440405-2.50014-2>
- Garwood N. C. (1996) Functional morphology of tropical tree seedlings. en Swaine M. D. (Ed.), *The ecology of tropical forest trees seedlings* (Vol. 17, pp. 59-119). *Man and the biosphere series*
- Gogosz A. M. y Torres Boeger M. R. (2019) Functional morphology of subtropical tree seedlings in southern Brazil. *Rodriguésia* 70. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201970010>
- Gómez Santamaría D. (2021) Caracterización del banco semillas germinable (BSG) en diferentes coberturas de la formación bosque seco tropical Huila- Colombia. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- González-Vélez G., Andrés-Hernández A.R., Valdez-Eleuterio G., Álvarez-Quiroz N., Martínez-Moreno D., Rivas-Arancibia S.P. (2020). Germinación de semillas de seis especies arbóreas maderables de una selva baja caducifolia en Puebla, México. *Agrociencia* Vol. 54, 227-240.
- Gordon E. (2000). Dinámica de la vegetación y del banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino (Venezuela). *Revista de Biología Tropical* Vol.48 (1), 25-42.
- Gurgel, E.S.C.; Santos, J.U.M.; Lucas, F.C.A.; Bastos, M.N.C. (2012). Morfología de plântulas de Leguminosae e o potencial sistemático. *Rodriguésia*, Vol. 63, 65- 73. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000100006>
- Harker M., Hernández-López L. y Muñiz-Castro M. A. (2021) Flora del bosque tropical caducifolio en una zona con suelos yesosos y calcáreos de Colima, México. *Acta Botánica Mexicana*. 128. Doi: <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1818>
- Hernández M.S. (2002). Estudio florístico en la región de Santo Domingo Huehuetlán. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. No publicada.
- Hulme P. E. (1998) Post-dispersal seed predation: consequences for plant demography and evolution. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 1 (1): 32-46.
- Ibarra-Manríquez G., Martínez Ramos M. y Oyama K. (2001) Seedling functional types in a lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany*. 88(10), 1801–1812. DOI: <https://doi.org/10.2307/3558356>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010) Compendio de información geográfica municipal, Huehuetlán el Grande Puebla. URL: <http://www.3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos>

- Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA). 2014. International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association (ISTA) Zürichstr 50, CH-8303 Bassersdorf, Switzerland. 272 p
- Khan D., Zaki M. J. y Khan Y. (2017) Micromorphological structure of seedlings of *Rhynchosia minima* (L.) DC. (Papilionaceae) growing in a dry ruderalized site in Karachi. *International Journal of Biology and Biotechnology*, 14 (4): 539-559
- Khurana E. y Singh J. S. (2000). Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation*. Vol. 28 (1), 39–52. DOI: 10.1017/S0376892901000042
- Latting J. (1961) The biology of *Desmanthus illinoensis*. *Ecology*. Vol 42(3): 487-493.
- Leck. M.A., Parker V.T., Simpson R. (2008). *Seedling ecology and evolution*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815133>
- Lizarraga, S. V.; Ruiz A. I.; Albornoz P. L. (2016) Morfoanatomía foliar y radical en plántulas de *Fragaria ananassa* var. Camino Real (Rosaceae). *Lilloa* 53 (1): 82–88.
- López J., Devesa J. A., Ruiz T. y Ortega Olivencia A. (1998) Seedling morphology in Genisteae (Fabaceae) from south-west Spain, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 127: 229--250.
- Lovey R.J., Perissé P., Vieyra C. y Coraglio J.C. (2010) Caracterización de semilla, germinación y plántula de *Cologania broussonetii* (Balb.) DC. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. Vol 79, pp. 5-10.
- Loza Cornejo S. y Terrazas T. (2011). Morfo-anatomía de plántulas de especies de Pachycereae: ¿ hasta cuando son plántulas?. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, Vol. 88, 1-13.

URL:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282011000100001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0366-2128.

Luckow M. (1993) Monograph of *Desmanthus* (Leguminosae-Mimosoidae). *Systematic Botany Monographs*. 38:1-166.
<https://www.jstor.org/stable/25027822>

Mangaly J. K., Swarupanandan K. y Madhusoodan P. V. (1979) Seed and seedling morphology of two species of *Euphorbia* (Euphorbiaceae), *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, Vol. 88:1, pp. 87-94.

Marino G. D., Mas M. V. y Orlandoni M. J. (2008) Morfología y reconocimiento de las principales especies leñosas nativas de la provincia de Santa Fe, Argentina, en el estado de plántula. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol.43 (1-2) pp. 67-81.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_serial&pid=1851-2372&lng=es&nrm=iso

Márquez S., Funes G., Cabido M. y Pucheta E. (2002) Efectos del pastoreo sobre el banco de semillas germinable y la vegetación establecida en pastizales de montaña del centro de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol.75, 327-337. DOI:10.4067/S0716-078X2002000200006M.

Martínez M. E. (1998). Estudio florístico en los Altos del Río Atoyac Sierra del Tentzo, al Sureste de la Ciudad de Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tesis no publicada.

Martínez Orea Y., Castillo-Argüero S., Álvarez-Sánchez J., Collazo-Ortega M. y Zavala-Hurtado A. (2013) Lluvia y banco de semillas como facilitadores de la regeneración natural en un bosque templado de la Ciudad de México. *Interciencia*, Vol. 38(6): 400-409.

Meave J. A., Flores-Rodríguez C., Pérez-García E. A. y Romero-Romero M. A.

(2012) Edaphic and seasonal heterogeneity of seed banks in agricultural fields of a tropical dry forest region in southern Mexico. *Botanical Sciences*. 90(3).

Medina-Lemos R. Burseraceae. 2008. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. 66

Menezes T. G. C., Rodal M. J. N., de Lima A. L. A., Lima L. R., Pinto M. A. D. S. C. and de Melo A. L. (2018). Do seedling functional groups reflect ecological strategies of woody plant species in Caatinga? *Acta Botanica Brasílica*. 32(1): 20–27. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0198>

Miranda F. y Hernández-Xolocotzi E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28 (28), 29-179. DOI:10.17129/botsci.1084

Moscoso Marín L. B. y Diez Gómez M. C. (2005) Banco de semillas en un bosque de semillas en un bosque de roble de la cordillera central colombiana. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 58 (2), pp. 2931-2943.

Nassar M. A., H. R. Ramadan and H. M. Ibrahim. 2011. Morphological characteristics of vegetative and reproductive growth of *Senna occidentalis* (L.) Link (Caesalpinaceae). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 7(2): 260-270.

Nemotol T. y Ohashi H. (1993) Seedling morphology of *Lespedeza* (Leguminosae), *Journal of Plant Research*, 106: 121-128.

Neto Soares R., Oliveira dos Santos R. y Marques da Silva e Silva B. (2019) Morphological aspects and anatomy of the fruit, seeds and seedlings of *Pentaclethra macroloba* (willd.) Kuntze (Fabaceae), *Journal of Seed Science*, v.41:4, p.452-460. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n4222721>

Oliveira D. M. T. (2001) Morfologia comparada de plântulas e plantas jovens de

leguminosas arbóreas nativas: espécies de Phaseoleae, Sophoreae, Swartzieae e Tephrosieae. *Revista Brasileira de Botânica*. Vol.24 (1), pp.85-97. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000100010>

Ortiz Arrona C. I. (1992) Banco de semillas del suelo en el bosque mesófilo de montaña de las Joyas, Sierra de Manantlán, estado de Jalisco. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Guadalajara.

Parra G. P. (1984) Estudio de la morfología externa de plántulas de *Calliandra gracilis*, *Mimosa albida*, *Mimosa arenosa*, *Mimosa camporum* y *Mimosa tenuiflora*. *Revista de la Facultad de Agronomía Universidad del Zulia*. (Maracay) 13: 311-350.

Patiño Siciliano A. y P. Hernández Ledesma. 2023. Malpighiaceae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. 237

Pennington, T.D., y J. Sarukhán. (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México Fondo de Cultura Económica. 9789703216437

Pérez E. M. y Santiago E. T. (2001) Dinámica Estacional del Banco de Semillas en una Sabana en los Llanos Centro-Orientales de Venezuela. *Biotropica*. 33 (3): 435-446.

Pérez N. E. y A. Gómez Campos. 2013. Bombacaceae. Flora de Guerrero. 54.

Pérez-Pérez A., Andrés-Hernández R., Martínez-Moreno D., Rivas- Arancibia S. y Reyes-Matamoros J. (2018). Plantas útiles de la Sierra del Tentzo, del estado de Puebla, México. *Revista Latinoamericana del Ambiente y las Ciencias*. Vol. 9 (20), 76-96. URL: CSCC (buap.mx).

Piveta G., Mieth A. T., de Oliveira Garcia F. A. y Brião Muniz M. F. (2018) Qualidade sanitária e fisiológica de *Senna macranthera* (dc. ex collad.) h.s.irwin & barneby quando submetida a métodos de superação da dormência. *Ciência Florestal, Santa Maria*. 28(2), pp. 836-844. DOI:

<http://dx.doi.org/10.5902/1980509832104>.

Ponce Valladarez L.A. y Montalván Mena H. G. (2005) Evaluación del banco de semillas del suelo en tres sitios en diferentes estados sesiónales en un bosque seco secundario en Nandarola, Nandaime, Granada. Facultad de recursos naturales y del ambiente, universidad nacional agraria.

R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Rico-Gray V. y García- Franco J. G. (1992) Vegetation and Soil Seed Bank of Successional Stages in Tropical Lowland Deciduous Forest. *Journal of Vegetation Science*. Vol. 3 (5): 617-624. <https://doi.org/10.2307/3235828>

Roberts H.A. (1981). Seed banks in soils. In: Coaker, T.H. (ed.). *Advances in Applied Biology* 6: 1-55. London: Academic Press. URL: <http://cabdirect.ogr/cabdirect/abstract/19822336960>.

Rocha Dantas A., Carneiro Guedes M., Cruz Vasconcelos C., Lôbo Isacksson J. G., Barbosa Pastana D. N., Lira-Guedes A. C. y Fernandez Piedade M. T. (2021) Morphology, germination, and geographic distribution of *Pentaclethra macroloba* (Fabaceae): a hyperdominant Amazonian tree. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 69(1): 181-196. DOI: 10.15517/rbt.v69i1.43446

Rodríguez-Acosta M., Villaseñor J.L., Coombes A.J., Cerón-Carpio A.B. (2014). Flora del Estado de Puebla, México. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. ISBN 978-607-487-746-5.

Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski. 1997. Leguminosae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. 51

Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F., México. pp. 432

- Rzedowski J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14:3-21. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm14.1991.611>
- Rzedowski J. y Calderon de Rzedowski G. (1993). Datos sobre la dinámica de la flora fanerogámica de México, con énfasis en especies nativas raras, en peligro de extinción y aparentemente extintas. *Acta Botánica Mexicana* 25:81-108. DOI:10.21829/abm25.1993.684.
- Sánchez-Aguilar R. L. y Rebollar-Domínguez. (1999). Deforestación en la Península de Yucatán, los retos que enfrentan. *Madera y Bosques*. Vol. 5(2): 3- 17. DOI:10.21829/myb.1999.521344
- Sánchez Gómez D. A. (2020) Caracterización morfológica de plántulas de angiospermas en bosques altoandinos del altiplano del oriente Antioqueño. Tesis de Licenciatura. Universidad de Antioquia.
- Sánchez Velázquez D. (2008). Composición florística, estructura y manejo de los huertos familiares del municipio de Santo Domingo Huehuetlán el Grande. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. URL: Composición florística, estructura y manejo de los huertos familiares del municipio de Santo Domingo Huehuetlán el Grande, Puebla (colpos.mx)
- Sánchez-Sánchez O. y Hernández-Zepeda C. (2004). Estudio morfológico de plántulas de la familia Bombacaceae en Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana* 6(2):1-6.
- Saubhik D. y Kumar Mukherjee K. (1997) Morphological and Biochemical Investigations on *Ipomoea* Seedlings and their Species *Interrelationships*, *Annals of Botany*, Vol. 79:5, pp. 565-571.
- Schütz Rodrigues R. y Goulart de Azevedo Tozzi A. M. (2008) Systematic of seedlings morphology in *Acosmium*, *Guianodendron*, and *Leptolobium* (Leguminosae, Papilionoideae). *Brittonia*, 60(3), pp. 287–296.

<https://doi.org/10.1007/s12228-008-9035-y>

Schütz Rodrigues R., Moreira Hirt A. P. y Silva Flores A. (2012) Morfología de plântulas das espécies de *Rhynchosia* (Leguminosae, Papilionoideae) de Roraima, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 26(3): 585-592.

Schütz Rodrigues R., Vieira Feitoza G. y Silva Flores A. (2014) Taxonomic relevance of seed and seedling morphology in two Amazonian species of *Entada* (Leguminosae). *Acta Amazonica*. Vol. 44(1), 19 – 24. DOI. [10.1590/S0044-59672014000100003](https://doi.org/10.1590/S0044-59672014000100003)

Seisdedos y Planchuelo A. M. (2018) Morfoanatomía de las plántulas de dos especies de lupinos graníferos: *Lupinus albus* y *L. angustifolius* (Fabaceae, Faboideae). *Lilloa* 55 (1): 67–80. DOI: doi.org/10.30550/j.lil/2018.55.1/6.

Simpson R. L., Leck M. A. y Parker V. T. (1989) Seed banks: General concepts and methodological issues: 3-8 (en) Leck, M.A.; Parker, V. & Simpson R.L. (eds.) *Ecology of soil seed banks*. Academic Press INC., San Diego, California.

Skoglund J. (1992) The role of seed banks in vegetation dynamics and restoration of dry tropical ecosystems. *Journal of Vegetation Science*. 3: 357-360.

Somerfield P. J., Clarke K. R. y gorley R. N. (2021) A generalised analysis of similarities (ANOSIM) statistic for designs with ordered factors. *Austral Ecology*. 46: 901–910.

Sousa M. S. (2011) La sect. *Lonchocarpus* del género *Lonchocarpus* (Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae): nuevas especies y subespecie para México y Mesoamérica, *Acta Botanica Mexicana* 94: 27-59.

Sousa M. S. (2014) Sistemática de *Lonchocarpus* sección *Punctati* (Fabaceae:

Millettieae), basada en datos morfológicos y moleculares, con la descripción de nueve especies nuevas, *Acta Botánica Mexicana* 109: 79-131.

Soledad Ojeda F., Hoc P. S. y Amela García M. T. (2013) Morphology of seeds and seedlings of four species of *Vigna savi* (Leguminosae, Phaseolinae). *Acta Botanica Brasilica* Vol. 27(3): 483-489. DOI <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000300004>

Téllez O. y M. S. Sousa. 1993. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. 1-16

Torres-Reaño G., Alarcón-Bravo L., Austin D. F., Rojas-Idrogo C. y Delgado-Paredes G. E. (2017) Seed Germination and Seedling Characteristic of *Ipomoea* and *Merremia* (Convolvulaceae) in Lambayeque (Peru). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 20(10) pp. 507-515. DOI: 10.3923/pjbs.2017.507.515

Trejo I. y Dirzo R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation* 94: 133-142. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00188-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00188-3)

Trombert Oliveira D. M. (2001) Morfologia comparada de plântulas e plantas jovens de leguminosas arbóreas nativas: espécies de Phaseoleae, Sophoreae, Swartzieae e Tephrosieae. *Revista Brasileira de Botânica. Brazilian Journal of Botany*. V.24:1, pp.85-97.

Ulloa Ulloa C., Acevedo-Rodríguez P., Beck S., Belgrano M. J., Bernal R., Berry P. E., Brako L., Celis M., Davidse G., Forzza R. C., Gradstein S. R., Hokche O., León B., León-Yáñez S., Magill R. E., Neill D. A., Nee M., Raven P. H., Stimmel H., Strong M. T., Villaseñor J. L., Zarucchi J. L., Zuloaga F. O, Jørgensen M. P. (2017) An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science* 358, 1614–1617. DOI: [10.1126/ciencia.aao0398](https://doi.org/10.1126/ciencia.aao0398)

- Uma Devi A. J., Parabia M. H y Reddy M. N. (1990) Morphological and anatomical studies of the seedlings of *Ipomoea aquatica* Forsk. *Feddes Repertorium* 101, pp 391-394
- Velosa Caicedo, R. I., Domínguez Guarín, K. J., y Romero Perdomo, Y. (2018). Composición y diversidad del banco de semillas en áreas urbanas fragmentadas de piedemonte, Villavicencio, Colombia. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 86–96.
- Vieira Feitoza G., Moreira dos Santos J. U., Cajueiro Gurgel E. S. y Trombert Oliveira D. M. (2014) Morphology of fruits, seeds, seedlings and saplings of three species of *Macrolobium* Schreb. (Leguminosae, Caesalpinioideae) in the Brazilian Amazon floodplain. *Acta Botanica Brasilica* 28(3): 422-433. DOI. 10.1590/0102-33062014abb3341
- Villaseñor J. L. (2003). Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia*, Vol. 28 (3), 160-167. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000300008&lng=es&tlng=es.
- Villaseñor J.L. (2004). Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 75: 105-135. DOI:10.17129/botsoci.1694
- Villaseñor J. L. (2016) Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559-902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Wilder G. J. y Relish K. (2022) Morphology and identification of the seedlings of selected woody/semi-woody species of dicotyledons sensu lato growing wild in south Florida (U.S.A.). Part II. Species with hypogeal germination, *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 16(2): 449–498. DOI: <https://doi.org/10.17348/jbrit.v16.i2.1261>

- Xiao Z. S., Jansen P. A. y Zhang Z. B. (2006). Using seed-tagging methods for assessing post-dispersal seed fate in rodent-dispersed trees. *Forest Ecology and Management*, 223, 18–23.
- Zamora-Cornelio L. F., Ochoa-Gaona S., Vargas Simón G., Castellanos Albores J. y Bernardus H.J. de Jong. (2010). Germinación de semillas y clave para la identificación de plántulas de seis especies arbóreas nativas de humedales del sureste de México. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 58 (2), 717-732. DOI:10.15517/rbt.v58i2.5241
- Zanne A. E., Chapman C. y Kitajima K. (2005) Evolutionary and ecological correlates of early seedling morphology in East African trees and shrubs. *American Journal of Botany*. 92(6): 972–978.
<https://doi.org/10.3732/ajb.92.6.972>
- Zapater M. A., Hoc P. S., Lozano E. C., Flores C. B., Mamani C. M., Gil M. N. y Sühling P. S. (2016) *Chloroleucon chacöense* (Leguminosae): A Study on Morphometry of Fruits and Seeds, Germinability and Development of Seedlings. *OALib Journal*, Vol. 3. DOI: 10.4236/oalib.1103160
- Zepeda- Gomez C. y Velazquez Montes E. (1999) El bosque tropical caducifolio de la vertiente sur de la Sierra de Nanchititla, Estado de México: la composición y la afinidad geográfica de su flora. *Acta Botánica Mexicana*. 46: 29-55. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm46.1999.815>
- Zepeda-Gómez C., Lot A., Antonio-Nemiga X. y Manjarrez J. (2015). Evaluación del banco de semillas y su importancia en la rehabilitación de la vegetación de humedales del centro de México. *Botanical Sciences* 93(4): 695-707. DOI:10.17129/botsci.245
- Zevallos Pollito P.A. y Flores Bendezú Y. (2003) Caracterización morfológica de plántulas de “uña de gato” *Uncaria tomentosa* (Willdernow ex Roemer & Schultes) D.C. y *U. guianensis* (Aublet) Gmelin del bosque nacional Alexander Von Humboldt. *Ecología Aplicada* 2(1).

Zhang H. y Chu L. M. (2013) Changes in soil seed bank composition during early succession of rehabilitated quarries. *Ecological Engineering*. 55: 43-50.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.02.002>

XV. Anexos 1. Trabajos realizados internacionalmente sobre la morfología de plántulas de diferentes familias.

Autor y año	Lugar	Familia	Género y especie	Germinación	Cotiledones (función)	Protófila	Nomófila
Almeida et al. 2013	Brasil	Cactaceae	<i>Epiphyllum phyllanthus</i>	Fanero-cotilar	Pequeños, verdes, sésiles y asimétricos, forma oblonga-ovoide, margen entero y liso		
De Souza et al. 2014	Brasil	Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce prostrata</i> , <i>Euphorbia heterophylla</i> y <i>E. Gramine</i>	Fanero-epigea	Foliáceos	Lanceolada con base y ápice agudos y margen entero	
Flores et al. 1986	Costa Rica	Fabaceae	<i>Cassia grandis</i>	Epigea fanerocotilar	Reserva (anchos avobados)	Compuesta, estipulada, 8-10 pares foliares opuestos	
Flores y Benavides 1990	Costa Rica	Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	Epigea fanerocotilar	Reserva (opuestos carnosos)	Opuestas	Alternas bifoliadas
Burghardt et al. 2000	Buenos Aires, Argentina	Fabaceae	8: <i>Prosopis alba</i> , <i>P. nigra</i> , <i>P. alpataco</i> , <i>P. chilensis</i> , <i>P. flexuosa</i> , <i>P. hassleri</i> , <i>P. denudans</i> y <i>P. strombulifera</i> .		color entre amarillo vivo y verde amarillento oscuro	Pinnada	Bipinnadas
Oliveira 2001	San Pablo, Brasil	Fabaceae	Tribus Phaseoleae, Sophoreae, Swartzieae y Tephrosieae	Hipogea Epigea	Reserva (carnosos)		
Zevallos-Pollito y Flores	Perú	Fabaceae	<i>Uncaria tomentosa</i> y <i>U. guianensis</i>	Epigea	Foliáceos (opuestos)	Opuestas, simples, pecioladas, glabros, forma ovada o elíptica	Opuestos, simples, peciolos ligeramente

Bendezú 2003							aplanados, lámina entera, ovadas o elípticas,
Dantas et al. 2007	Brasil	Fabaceae	<i>Copaifera multijuga</i> y <i>C. officinalis</i>	Epigea fanerocotilar	Reserva (carnosos, opuestos, sesiles, glabros)	Compuestas posee de tres a 4 pares de folíolos opuestos	
Schütz y Goulart 2008	Brasil	Fabaceae	<i>Acosmium</i> , cinco especies de <i>Leptolobium</i> y la única especie de <i>Guianodendron</i> ,	Cripto-hipogea Fanero-epigea	Reserva Foliáceos		
Lovey et al. 2010	Pan de Azúcar Córdoba Argentina	Fabaceae	<i>Cologania</i> <i>broussonetii</i>	Fanero-epigea	Foliáceos (oblongos de margen entero)	Simples opuestas pecioladas	Pinnados, trifoliados alternas, folíolos elípticos de margen liso
Soledad Ojeda et al. 2013	Buenos Aires, Argentina	Fabaceae	<i>Vigna adenantha</i> , <i>Vigna candida</i> , <i>Vigna caracalla</i> y <i>Vigna luteola</i>	Fanero-epigea Cripto-hipogea	Reserva (carnosos)	Simples, ápice agudo y base cordiforme Simples ovadas con ápice marginado y ápice atenuado Simple oblonga a ovadas con superficie lisa opaca negra de color marrón a grisáceo	
Vieira Feitoza et al. 2014	Amazonas, Brasil	Fabaceae	<i>Macrolobium</i> <i>acaciifolium</i> , <i>Macrolobium</i> <i>bifolium</i> y <i>Macrolobium</i> <i>pendulum</i>	Fanero-epigea Cripto-hipogea	Reserva	Alternas y bifoliadas con folíolos oblongos, base oblicuo, ápice agudo a acuminado y margen entero	
Schütz Rodrigues et al. 2014	Brasil	Fabaceae	<i>Entada polystachya</i> <i>Entada simplicata</i>	Fanero-epigea Fanero-hipogea	Reserva (oblongos a elípticos con	Pinnadas y opuestas y sub opuestas, forma	

					base lobulado y ápice redondeado)	abovados con nervadura braquidódroma	
Zapater et al. 2016	Choco Serrano Argentina	Fabaceae	<i>Chloroleucon chacoense</i>	Epigea	Reserva	Opuestas pinnadas y bipinnadas	Bipinnadas, folíolos de forma obovada
Seisdedos y Planchuelo 2018	Argentina	Fabaceae	<i>Lupinus albus</i> y <i>L. angustifolius</i>	Fanero-epigea	Reserva	Palmaticompuestas con pulvínulos	
Rocha Dantas et al. 2021	Brasil	Fabaceae	<i>Pentaclethra maculosa</i>	Fanero-hipogea	Reserva	Bipinnadas opuestas, sub opuestas o alternas, presenta de seis a doce folíolos, base obtusa, ápice agudo y margen ciliado	
Espanhol Müller et al. 2017	Brasil	Polygonaceae	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	Fanero-epigea	Foliáceos	Forma romboide a obovado con ápice agudo y base obtusa, margen entero	
Lizarraga et al. 2016	Argentina	Rosaceae	<i>Fragaria ananassa</i>	Epigea	Foliáceos		
Sánchez 2020	Colombia	Rubiaceae Fabaceae Ericaceae Durande Asteraceae	54 especies	Fanero-epigea Cripto-hipogea Fanero-hipogea	Foliáceos Reserva	Simple y compuestas	Compuestas (incremento en número de folíolos)
Zanne et al. 2005	Africa		70 especies arboles y arbustos				
Marino et al. 2008	Santa Fe Argentina		33 especies leñosas	Faneroepigea Criptohipogea. Fanerohipogea.	Foliáceos (14 spp) reserva (13 spp carnosos)	Fabaceae presentaron plántulas con estípulas y hojas simples (primeros estadios) y hojas compuestas (estadios avanzados)	

Anexo 2. Trabajos de morfología de plántulas realizados en México.

Autor y año	Lugar	Familia	Género y especie	Germinación	Cotiledones (función)	Protófila	Nomófila
Zamora Cornelio et al. 2010	Tabasco	Annonaceae Malvaceae Bombaceae Capparaceae Fabaceae Polygonaceae	Annona glabra, Ceiba pentandra, Pachira aquatica, Crateva tapia, Haematoxylum campechianum y Cocoloba barbadensis	Fanero-epigea Cripto-hipogea	Foliáceos Reserva	Trifoliados simples	
Ibarra- Manríquez et al. 2001	Tuxtlas, México	Bignoniaceae (16 especies), Fabaceae (13 especies) y Rubiaceae (13 especies)	173 especies	Fanero-epigea Cripto-hipogea Cripto-epigea	Foliáceos Reserva		
Custodio- Rodríguez et al. 2022	Tabasco, México	Moraceae	Castilleja elástica	Fanero-hipogea	Reserva	Opuestos de forma ovada, su ápice acuminado, la base ligeramente cordada, margen aserrado y pubescentes	Simples, base cordada y ápice acuminado
Loza- Cornejo y Terrazas 2011		Pachycereae			pequeños angostos, color verde, forma triangular y ligeramente separados		

Anexo 3. Especies y géneros determinados y descritos morfológicamente a nivel de plántulas

Especies determinadas	Autor y año	Especies reportadas literatura	Descripción
<i>Bursera glabrifolia</i>	Andrés-Hernández y Espinosa-Organista (2002)	<i>B. simaruba, B. aptera, B. lancifolia, B. morelensis</i>	Radícula axonomorfa, hipocótilo cilíndrico y delgado ligeramente estriado y lenticelado, protófilas multilobadas con peciolo alado
<i>Bursera longipes</i>		<i>Bursera glabrifolia</i>	Hojas cotiledonares trilobadas con lóbulos delgados, hipocótilo engrosado, protófilos opuestos trifoliolados, base cuneada y márgenes marcadamente aserrados, nomófilo compuesto de siete folíolos; R, radícula axonomorfa delgada.
<i>Bursera aptera</i>		<i>Bursera copallifera</i>	Hojas cotiledonares trilobadas con lóbulos delgados, hipocótilo engrosado, protófilas opuestos y compuestos, trifoliolados, con peciolo acanalado, base cuneada y margen aserrado, nomófilo compuesto de tres folíolos, radícula axonomorfa delgada con doblez sigmoideo.
<i>Bursera morelensis</i>		<i>B. schlechtendali</i>	Hojas cotiledonares multilobadas con lóbulos delgados, hipocótilo delgado, protófilas opuestos y unifoliolados con peciolo acanalado, margen aserrado, radícula axonomorfa con engrosamiento.
<i>Ipomoea hederifolia</i>	Uma et al. (1990)	<i>I. aquatica</i>	Germinación fanerocotilar epigea con cotiledones foliáceos, forma de los cotiledones bilobulada
<i>Ipomoea corymbosa</i>	Mukherjee (1997)	<i>I. hispida, I. hederifolia, I. pes-caprae, I. fistulosa, I. sepiaria, I. obscura, I. pes-tigridis, I. quamoclit y I. aquatica.</i>	Germinación fanerocotilar epigea con cotiledones foliáceos, forma de los cotiledones bilobulada
<i>Ipomoea arborescens</i>	Torres-Reaño et al. (2017)	<i>I. amnicola, I. dumetorum, I. hederifolia, I. parasitica, I. tiliácea, I. alba, I. aristolochiaefolia, I. asarifolia and I. quamocli, I. incarnata, I. piurensis y I. purpurea</i>	Germinación fanerocotilar epigea con cotiledones foliáceos, forma de los cotiledones bilobulada

	Wilder y Relish (2022)	<i>I. violacea, I. triloba, I. quamoclit, I. pescaprae e I. alba</i>	Germinación fanerocotilar epigea con cotiledones foliáceos, forma de los cotiledones bilobulada, hipocótilo y protófilas glabras.
<i>Croton ciliatoglandulifer</i>	Sánchez- Gómez D. A.	<i>Croton magdalenensis</i>	Germinación fanerocotilar, epigea y cotiledones foliáceos
<i>Euphorbia sp.</i>	de Souza et al. (2014)	<i>E. graminea</i>	Fanerocotilar y epigea, presentaron radícula axial, el hipocótilo fue cilíndrico de color verde, los cotiledones fueron delgados verdes
<i>Euphorbia sp.</i>		<i>E. heterophylla</i>	Fanerocotilar y epigea, presentaron radícula axial, el hipocótilo fue cilíndrico de color verde, los cotiledones color purpura, protófila lanceolada con base y ápice agudos y margen entero
<i>Ceiba aesculifolia</i>	Sánchez-Sánchez y Hernández-Zepeda (2004)	<i>C. pentandra</i>	Germinación fanerocotilar epigea con cotiledones foliáceos, radícula pivotante con ligero ensanchamiento, eófilas compuestas 3-5 limbo elíptico, ápice acuminado, estipulas infra peciolares
		<i>C. aesculifolia</i>	Germinación fanerocotilar epigea con cotiledones foliáceos, radícula pivotante con ligero ensanchamiento, eófilas compuestas 3-5 limbo elíptico, ápice acuminado, estipulas infra peciolares
	Zamora-Cornelio et al. (2010)	<i>C. pentandra</i>	Germinación fanerocotilar epigea con cotiledones foliáceos, radícula axonomorfa, protófilas alternas trifoliados base atenuada, margen ligeramente aserrado
<i>Desmanthus sp.</i>	Latting (1961)	<i>D. illinoensis</i>	Radícula axonomorfa, protófilas pinnadas con 4-5 folíolos
	Luckow (1993)	<i>Desmanthus</i>	Radícula axonomorfa, protófilas pinnadas con 4-5 folíolos, la variación morfológica de las plántulas se produce en función de la coloración y movimiento de los folíolos
<i>Rhynchosia discolor</i>	Schütz et al. 2012	<i>R. phaseoloides, R. melanocarpa, R. minima y R. schomburgkii</i>	Plántulas criptocotilar hipogea, eófilas unifoliadas, opuestas y estipulas dobles y libres
	Khan et al., 2017	<i>R. minima</i>	Presencia de tricomas simples en toda la plántula
<i>Senna sp.</i>	Nassar et al. (2011)	<i>S. sophera</i>	Germinación epigea, hipocótilo elongado, cotiledones verdes oscuro
	Ferreira y Barbosa (2015)	<i>S. multijuga</i>	Germinación fanerocotilar epígeo, hipocótilo de color amarillo verdoso y epicótilo veloso cilíndrico.
	Piveta et al. (2018)	<i>S. macranthera</i>	Germinación fanerocotilar epígeo.
	Eudes da Silva et al. (2023)	<i>S. siamea</i>	Plántulas con germinación fanerocotilar epigea
	Sousa et al. (2014)	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	Cotiledones hipogeos, retenidos al interior del tegumento, eófilas opuestos, peciolados, con pulvínulo, unifoliado con folíolo condiforme sésil

<i>Lonchocarpus caudatus</i>	Sousa et al. (2014)	<i>Lonchocarpus cochleatus</i>	Cotiledones hipogeos, eófilas opuestos 3 foliado
		<i>Lonchocarpus crassicalyx</i>	Cotiledones hipogeos, opuestos 3 foliados, obtusos acuminados
		<i>Lonchocarpus grandifoliolatus</i>	Cotiledones epigeos, eófilas opuestos 1- foliado
		<i>Lonchocarpus longipedicelatus</i>	Cotiledones hipogeos, eófilas opuestos 3 foliado
		<i>Lonchocarpus acuminatus</i>	Cotiledones hipogeos, eófilas 1 foliado

Anexo 4. Plántulas determinadas para los Bienes Comunales de Santo Domingo Huehuetlán el Grande, Puebla.

Familia y especie	Grupo funcional	Descripción morfológica
Fabaceae: <i>Rhynchosia discolor</i>	PEF	Hipocótilo y epicótilo cilíndrico con escasos tricomas simples, protófilas compuestas con tres folíolos de forma ovada, ápice agudo, base truncada, margen entero, radícula axonomorfa.
Fabaceae: <i>Conzattia multiflora</i>	PER	Hipocótilo cilíndrico de color blanquecino a verde-amarillo, epicótilo cilíndrico de color verde; protófilas paripinnadas peciolada, 20 folíolos pecioladas de forma elíptica, margen entero opuestos, nomófila compuesta con 30 folíolos pecioladas, forma elíptica.

Fabaceae: <i>Lonchocarpus caudatus</i>	PER	hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde; protófilas simples opuestas, forma ovada, margen entero, base obtuso, ápice apiculado, nomófila simple, forma ovada, margen entero, base obtuso, ápice apiculado.
Fabaceae: <i>Mimosa polyantha</i>	PER	Hipocótilo corto apenas distinguible, epicótilo cilíndrico de color verde con presencia de estipulas; protófilas paripinnadas, presencia de estipulas, 10 folíolos de forma elíptica, base redondeada, ápice mucronado, margen entero.
Fabaceae: <i>Vachellia pennatula</i>	PER	Epicótilo cilíndrico con tricomas simples, protófilas alternas con presencia de estipulas compuestas pecioladas, folíolos de forma elíptica, ápice mucronado, base obtuso, margen entero, tricomas simples, radícula axonomorfa.
Malpighiaceae: <i>Bunchosia palmeri</i>	CER	Hipocótilo corto de color amarillo, epicótilo cilíndrico de color verde con presencia de tricomas simples, protófilas simples opuestas pecioladas, forma ovalada, base y ápice redondeados, margen entero, presencia de tricomas simples, nomófila simple opuestas pecioladas, forma ovalada, base y ápice redondeados, margen entero, tricomas simples.
Malvaceae: <i>Ceiba aesculifolia</i>	PEF	Hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde con agujones, protófilas opuestas compuestas por tres foliolos sésiles de forma ovada, base aguda, ápice redondeado, radícula engrosada axonomorfa.
Sapindaceae: <i>Cardiospermum halicacabum</i>	CER	Hipocótilo corto apenas se logra distinguir y epicótilo cilíndrico de color verde amarillo, protófilas trifoliadas de forma ovada, base y ápice agudo, con margen dentado.

Burseraceae: <i>Bursera glabrifolia</i>	PEF	Cotiledones trilobados, hipocótilo cilíndrico delgado con tricomas simples, epicótilo corto con tricomas simples, protófilas opuestas trifoliadas de forma ovada, ápice caudado, base atenuado, margen aserrado, tricomas simples y glandulares, radícula axonomorfa.
Burseraceae: <i>Bursera longipes</i>	PEF	Cotiledones trilobados, hipocótilo cuadrado, tricomas simples, epicótilo corto, tricomas simples, protófilas opuestas, ovadas, ápice caudado, base atenuada, margen entero y radícula axonomorfa.
Burseraceae: <i>Bursera aptera</i>	PEF	Cotiledones multilobados, hipocótilo y epicótilo cilíndrico delgado, protófilas opuestas compuestas trifolioladas, de forma ovada, base y ápice redondeados, margen aserrado, radícula axonomorfa con engrosamiento.
Burseraceae: <i>Bursera morelensis</i>	PEF	Cotiledones multilobados, hipocótilo cilíndrico y epicótilo cilíndrico corto, con tricomas simples, protófilas compuestas 8 foliolos, radícula axonomorfa.
Convolvulaceae: <i>Ipomoea hederifolia</i>	PEF	Cotiledones bilobulados, margen entero, hipocótilo cilíndrico delgado, epicótilo cilíndrico con tricomas simples, protófila simple alterna, forma hastiforme, margen entero con tricomas simples en haz y envés, nomófila simple alterna, forma hastiforme, margen entero con tricomas simples en haz y envés, radícula axonomorfa.
Convolvulaceae: <i>Ipomoea corymbosa</i>	PEF	Cotiledones bilobulados, margen entero, con tricomas simples en el envés, hipocótilo cilíndrico delgado, epicótilo cilíndrico con tricomas simples, protófila simple alterna, forma ovada, base cordada, ápice acuminado, margen entero con tricomas simples

		envés, nomófila simple alterna, forma ovada, margen entero con tricomas simples envés, radícula axonomorfa.
Convolvulaceae: <i>Ipomoea arborescens</i>	PEF	Cotiledones bilobulados, hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde amarillo; cotiledones de forma bipartida, protófilas opuestas pecioladas, forma de la hoja ovada, base redondeada, ápice atenuado, margen entero, nomófila opuesta peciolada, base redondeada, ápice atenuado, margen entero.
Cactaceae: <i>Cephalocereus mezcalaensis</i>	PER	Radícula inconspicua, color blanquecino a verde pálido, epicótilo inconspicuo.
Convolvulaceae: <i>Ipomoea</i> sp.	PEF	Cotiledones bilobulados, hipocótilo corto, epicótilo cilíndrico delgado con tricomas simples, protófilas simples alternas pecioladas de forma ovada, ápice agudo, base truncada, margen entero, tricomas simples.
Fabaceae: <i>Senna</i> sp.	PER	Hipocótilo y epicótilo cilíndrico color verde claro, cotiledones opuestos con forma ovada, protófilas compuestas opuestas, pecioladas.
Fabaceae: <i>Caesalpineia</i> sp.	PER	Hipocótilo cilíndrico, epicótilo cilíndrico con tricomas simples, protófilas alternas, compuestas pecioladas, 18-22 folíolos de forma elíptica, ápice mucronado, base obtusa, margen entero, nomófilas compuestas pecioladas, forma elíptica, ápice mucronado, base obtusa, margen entero, radícula axonomorfa.
Fabaceae: <i>Desmanthus</i> sp	PER	Hipocótilo cilíndrico delgado, epicótilo cilíndrico delgado con tricomas simples, protófila compuesta, cinco folíolos peciolados de forma elíptica, ápice y base truncado, margen entero tricomas en haz y envés, radícula axonomorfa.

Euphorbiaceae: <i>Cnidoscolus</i> sp.	PEF	Hipocótilo engrosado cilíndrico con presencia de tricomas urticantes, epicótilo delgado cilíndrico con tricomas urticantes, protófilas opuestas simples pecioladas de forma ovada, ápice acuminado, base cordada, tricomas urticantes escasos, presencia de látex blanco, radícula axonomorfa.
Euphorbiaceae: <i>Euphorbia</i> sp.	PER	Hipocótilo con tricomas cortos, epicótilo cilíndrico con abundantes tricomas simples largos, protófilas opuestas simples de forma ovada, ápice agudo, base redondeada, margen entero, tricomas simples en haz y envés, radícula axonomorfa.
Fabaceae	PER	Hipocótilo cilíndrico delgado, epicótilo cilíndrico delgado con tricomas simples, protófilas compuesta, cinco folíolos peciolados de forma elíptica, ápice y base truncado, margen entero tricomas en haz y envés, radícula axonomorfa.
Morfotipo 1	PEF	Hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde amarillo, presencia de tricomas simples, forma de los cotiledones abovados, ápice mucronado, protófilas simples pecioladas, forma palmatilobado con tricomas simples, radícula axonomorfa.
Morfotipo 2	PER	Hipocótilo y epicótilo cilíndrico de color verde amarillo, protófilas simples pecioladas, forma ovada, base aguda, ápice apiculado, radícula axonomorfa.
Morfotipo 3	PEF	Hipocótilo delgado con tricomas simples, epicótilo cilíndrico con abundantes tricomas simples, protófilas opuestas pecioladas de forma ovada, ápice cuspidado, base redondeado, margen entero, tricomas simples en el envés, radícula axonomorfa.

Morfotipo 4	PEF	Hipocótilo y epicótilo cilíndrico delgado con tricomas simples, protófilas opuestas pecioladas de forma ovada, ápice cuspidado, base redondeado, margen entero, tricomas simples en el margen, radícula axonomorfa.
Morfotipo 5	PEF	Hipocótilo con escasos tricomas simples, epicótilo cilíndrico con tricomas simples, protófilas simples de forma ovada, ápice agudo, base cordado, margen dentado, tricomas simples, radícula axonomorfa.
Morfotipo 6	PER	Hipocótilo y epicótilo cilíndricos con abundantes tricomas simples, protófilas simples opuestas de forma ovada, ápice agudo, base redondeada, margen dentado, tricomas simples en haz y envés, radícula axonomorfa.
Morfotipo 7	PEF	Hipocótilo y epicótilo cilíndricos, protófilas de forma orbicular, base y ápice redondeados.
Morfotipo 8	PER	Hipocótilo y epicótilo cilíndricos con tricomas simples, protófilas opuestas trifoliadas, forma ovada, ápice pilífero, base aguda, margen entero, con tricomas simples y glándulas.